

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2005-116571

(43)Date of publication of application : 28.04.2005

(51)Int.Cl.

H01L 21/027  
G03F 7/20

(21)Application number : 2003-344940

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 02.10.2003

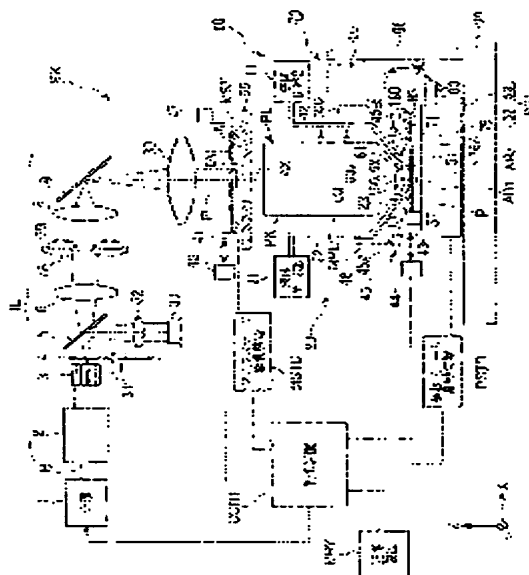
(72)Inventor : HAGIWARA TSUNEYUKI  
NAKAGAWA MASAHIRO

## (54) ALIGNER AND METHOD OF MANUFACTURING DEVICE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an aligner that can suppress the deterioration of the light receiving state of a photodetector caused by bubbles contained in a liquid when the photodetector receives light by filling the liquid on the image surface side of a projection optical system.

**SOLUTION:** The aligner EX exposes a substrate P disposed on the image surface side of the projection optical system PL to exposing light EL by projecting the exposing light EL upon the substrate P through the projection optical system PL and the liquid LQ. The aligner EX is provided with a bubble removing device 180 which removes bubbles contained in the liquid LQ filled between the optical system PL and a slit plate 75 disposed near the image surface of the optical system PL.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1]

In the aligner which exposes said substrate by irradiating exposure light through said projection optics and liquid to the substrate arranged at the image surface side of projection optics,  
The aligner characterized by having the cellular stripper which removes the air bubbles in the liquid filled between the bodies arranged near the image surface of said projection optics and this projection optics.

[Claim 2]

Said cellular stripper is an aligner according to claim 1 characterized by removing the air bubbles of the liquid contact surface of said body, and the liquid contact surfaces of said projection optics which adhered to either at least.

[Claim 3]

Said cellular stripper is an aligner according to claim 1 or 2 characterized by the thing of said body and the image surface side edge sections of said projection optics prepared in either at least.

[Claim 4]

Said cellular stripper is an aligner of claim 1-3 characterized by including excitation equipment given in any 1 term.

[Claim 5]

Said excitation equipment is an aligner according to claim 4 characterized by exciting said liquid.

[Claim 6]

Said excitation equipment is an aligner according to claim 4 or 5 characterized by exciting said body.

[Claim 7]

It is the aligner of claim 4-6 which said projection optics has the optical element in which said projection optics body was prepared independently in its projection optics body and image surface side, and is characterized by said excitation equipment exciting said optical element given in any 1 term.

[Claim 8]

Said cellular stripper contains the ultrasonic generation equipment which impresses a supersonic wave to a liquid,

Said ultrasonic generation equipment is an aligner of claim 1-7 characterized for the generated supersonic wave by the thing of the liquid contact surface of said body, and the liquid contact surfaces of said projection optics applied to either at least through a liquid given in any 1 term.

[Claim 9]

Said ultrasonic generation equipment is an aligner according to claim 8 characterized by applying the reflected wave of said supersonic wave which hit against either the liquid contact surface of said body, or the liquid contact surfaces of said projection optics to another side.

[Claim 10]

Said cellular stripper contains in a liquid the jet generation equipment which generates a jet,

Said jet generation equipment is an aligner of claim 1-9 characterized for the generated jet by the thing of the liquid contact surface of said body, and the liquid contact surfaces of said projection optics applied to either at least given in any 1 term.

[Claim 11]

It is arranged at the image surface side of said projection optics, and has the electric eye which receives the light which passed said projection optics through the optical member which has the light transmission section,

Said body is the aligner of claim 1-10 characterized by including said optical member given in any 1 term.

[Claim 12]

Said cellular stripper is an aligner according to claim 11 characterized by removing the air bubbles adhering to said light transmission section.

[Claim 13]

Said body is the aligner of claim 1-12 characterized by including said substrate given in any 1 term.

[Claim 14]

It is the aligner of claim 1-13 characterized by either at least being lyophilic of the liquid contact surface of said body, and the liquid contact surfaces of said projection optics given in any 1 term.

[Claim 15]

In the aligner which exposes said substrate by irradiating exposure light through said projection optics and liquid to the substrate arranged at the image surface side of projection optics,

It is arranged near the image surface of projection optics, and has the body which can hold a liquid by Hazama with said projection optics,

The liquid contact surface of said body is an aligner characterized by being lyophilic.

[Claim 16]

It is arranged at the image surface side of said projection optics, and has the electric eye which receives the light which passed said projection optics through the optical member which has the light transmission section,

Said body is an aligner according to claim 14 or 15 characterized by including said optical member.

[Claim 17]

The aligner of claim 14-16 characterized by performing lyophilic-ized processing which makes said liquid contact surface lyophilic given in any 1 term.

[Claim 18]

The aligner according to claim 17 characterized by performing ultraviolet radiation exposure processing as said lyophilic-ized processing.

[Claim 19]

In the aligner which exposes said substrate by irradiating exposure light through said projection optics and liquid to the substrate arranged at the image surface side of projection optics,

The aligner characterized by the liquid contact surface of projection optics serving as lyophilic by ultraviolet radiation exposure processing.

[Claim 20]

It is the aligner according to claim 18 or 19 which is equipped with the ultraviolet radiation irradiation equipment which irradiates ultraviolet radiation, and is characterized by said ultraviolet radiation irradiation equipment performing ultraviolet radiation exposure processing periodically.

[Claim 21]

It is the aligner according to claim 20 which has the light source for exposure which injects said exposure light, and is characterized by using said ultraviolet radiation irradiation equipment also [ light source / said / for exposure ].

[Claim 22]

The aligner according to claim 17 characterized by performing coating processing of a lyophilic ingredient as said lyophilic-ized processing.

[Claim 23]

The aligner of claim 14-22 characterized by carrying out patterning of a lyophilic-ized field and the liquid repelling field to the front face of said body given in any 1 term.

[Claim 24]

It is arranged at the image surface side of said projection optics, and has the electric eye which receives the light which passed said projection optics through the optical member which has the light transmission section,

The aligner according to claim 23 characterized by carrying out liquid repelling of the field where the field containing said light transmission section is made lyophilic, and surrounds the perimeter.

[Claim 25]

The aligner of claim 1-24 characterized by having cellular detection equipment which detects the air bubbles in the liquid filled between this projection optics and said body through said projection optics given in any 1 term.

[Claim 26]

In the aligner which exposes said substrate by irradiating exposure light through said projection optics and

liquid to the substrate arranged at the image surface side of projection optics,  
The aligner characterized by having cellular detection equipment which detects the air bubbles in the liquid filled between the bodies arranged near the image surface of said projection optics and this projection optics through projection optics.

[Claim 27]

Said cellular detection equipment is an aligner according to claim 25 or 26 characterized by detecting the air bubbles of the liquid contact surface of said body, and the liquid contact surfaces of said projection optics which adhered to either at least.

[Claim 28]

Said cellular detection equipment is an aligner of claim 25-27 characterized by being used also [ system / for determining the physical relationship of the mask arranged at the body side side of said projection optics, and said substrate / alignment ] given in any 1 term.

[Claim 29]

Said substrate is held and it has a movable substrate attachment component,

Said body is the aligner of claim 1-28 characterized by being prepared in said substrate attachment component given in any 1 term.

[Claim 30]

The device manufacture approach characterized by manufacturing a device using the aligner of claim 1 - claim 29 given in any 1 term.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[Field of the Invention]

[0001]

This invention relates to the aligner which exposes a substrate through projection optics and a liquid, and the device manufacture approach using this aligner.

[Background of the Invention]

[0002]

A semiconductor device and a liquid crystal display device are manufactured by the technique of the so-called photolithography which imprints the pattern formed on the mask on a photosensitive substrate. The aligner used at this photolithography process has the mask stage which supports a mask, and the substrate stage which supports a substrate, and it imprints the pattern of a mask to a substrate through projection optics, moving serially on a mask stage and a substrate stage. Since it corresponds to much more high integration of a device pattern in recent years, the further high resolution-ization of projection optics is desired. The resolution of projection optics becomes so high that the numerical aperture of projection optics is so large that the exposure wavelength to be used is short. Therefore, exposure wavelength used with an aligner is short-wavelength-ized every year, and the numerical aperture of projection optics is also increasing. And although the exposure wavelength of the current mainstream is 248nm of KrF excimer laser, no less than 193nm of the ArF excimer laser of short wavelength is being put further in practical use. Moreover, in case it exposes, the depth of focus (DOF) as well as resolution becomes important. Resolution  $R$  and the depth of focus  $\Delta$  are expressed with the following formulas, respectively.

$R = k_1 \text{ and } \lambda / NA \text{ -- (1)}$

$\Delta = k_2 \text{ and } \lambda / NA^2 \text{ -- (2)}$

Here, the numerical aperture of projection optics, and  $k_1$  and  $k_2$  is [  $\lambda$  of exposure wavelength and  $NA$  ] process multipliers. (1) In order to raise resolution  $R$ , when exposure wavelength  $\lambda$  is shortened and numerical aperture  $NA$  is enlarged from a formula and (2) types, it turns out that the depth of focus  $\Delta$  becomes narrow.

[0003]

When the depth of focus  $\Delta$  becomes narrow too much, it becomes difficult to make a substrate front face agree to the image surface of projection optics, and there is a possibility that the focal margins at the time of exposure actuation may run short. Then, the immersion method which considers as the approach of shortening exposure wavelength substantially and making the depth of focus large, for example, is indicated by the following patent reference 1 is proposed. This immersion method expands the depth of focus by about  $n$  times while it improves resolution using filling between the inferior surface of tongue of projection optics, and substrate front faces with liquids, such as water and an organic solvent, forming an immersion field, and the wavelength of the exposure light in the inside of a liquid being set to  $1/n$  in air ( $n$  being usually 1.2 to about 1.6 at the refractive index of a liquid).

[Patent reference 1] International public presentation/[ 99th ] No. 49504 pamphlet

[Description of the Invention]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]

[0004]

By the way, although the various electric eyes (photosensor) which receive the light through projection optics are prepared on the substrate stage, in the case of an immersion aligner, it is possible [ it ] to perform light-receiving actuation by the electric eye, where the immersion field of a liquid is formed in the image surface side of projection optics. In this case, if air bubbles exist in a liquid, light will carry out dispersion

etc. with these air bubbles, and un-arranging [ it becomes impossible to receive light good ] produces an electric eye.

[0005]

Moreover, when performing exposure processing with an immersion method and air bubbles exist in the liquid of Hazama of projection optics and a substrate, there is a possibility that the pattern image formed on a substrate with these air bubbles may deteriorate.

[0006]

In case this invention is made in view of such a situation, the immersion field of a liquid is formed in the image surface side of projection optics and light is received by the electric eye, it sets it as the 1st purpose to offer the aligner and the device manufacture approach of suppressing aggravation of the light-receiving condition of the electric eye resulting from the air bubbles in a liquid. Moreover, a liquid is filled between projection optics and a substrate, and in case exposure processing is carried out, it sets it as the 2nd purpose to offer the aligner and the device manufacture approach of suppressing degradation of the pattern image resulting from the air bubbles in a liquid.

[Means for Solving the Problem]

[0007]

In order to solve the above-mentioned technical problem, this invention has adopted the configuration of the following matched with drawing 1 shown in the gestalt of operation - drawing 26 .

In the aligner which exposes a substrate (P) when the aligner (EX) of this invention irradiates exposure light (EL) through projection optics (PL) and a liquid (LQ) to the substrate (P) arranged at the image surface side of projection optics (PL) It is characterized by having the cellular stripper (180, 190, 250) which removes the air bubbles in the liquid (LQ) filled between the bodies (75 P) arranged near the image surface of projection optics (PL) and this projection optics (PL).

[0008]

Since the cellular stripper which removes the air bubbles in a liquid was prepared according to this invention, when irradiating light through a liquid at the body which counters projection optics, the exposure condition of light can be maintained good, without being influenced of air bubbles. It can follow, for example, inconvenient generating, such as aggravation of the light-receiving condition of an electric eye and degradation of the pattern image formed on a substrate, can be prevented.

[0009]

In the aligner which exposes a substrate (P) when the aligner (EX) of this invention irradiates exposure light (EL) through projection optics (PL) and a liquid (LQ) to the substrate (P) arranged at the image surface side of projection optics (PL) It is arranged near the image surface of projection optics (PL), has the body (75) which can hold a liquid (LQ) by Hazama with projection optics (PL), and is characterized by the objective (75) liquid contact surface (75A) being lyophilic.

[0010]

According to this invention, by making the objective liquid contact surface lyophilic, since air bubbles cannot adhere to the liquid contact surface easily even if air bubbles exist in a liquid, inconvenient generating of aggravation of the light-receiving condition of an electric eye etc. for example resulting from adhesion of air bubbles can be prevented. Moreover, since air bubbles cannot adhere to the objective liquid contact surface easily, even when air bubbles adhere temporarily, cellular removal processing can be performed smoothly.

[0011]

The aligner (EX) of this invention is characterized by the liquid contact surface (60a) of projection optics (PL) serving as lyophilic by ultraviolet radiation exposure processing in the aligner which exposes a substrate (P) by irradiating exposure light (EL) through projection optics (PL) and a liquid (LQ) to the substrate (P) arranged at the image surface side of projection optics (PL).

[0012]

According to this invention, air bubbles stop being able to adhere to the liquid contact surface of the projection optics easily due to making the liquid contact surface of projection optics lyophilic by ultraviolet radiation exposure processing. Therefore, inconvenient generating, such as aggravation of the light-receiving condition of an electric eye and degradation of the pattern image resulting from adhesion of air bubbles formed on a substrate, can be prevented, for example. Moreover, since air bubbles cannot adhere to the liquid contact surface of projection optics easily, even when air bubbles adhere temporarily, cellular removal processing can be performed smoothly.

[0013]

In the aligner which exposes a substrate (P) when the aligner (EX) of this invention irradiates exposure light (EL) through projection optics (PL) and a liquid (LQ) to the substrate (P) arranged at the image surface side of projection optics (PL) It is characterized by having cellular detection equipment (47) which detects the air bubbles in the liquid (LQ) filled between the bodies (75 P) arranged near the image surface of projection optics (PL) and this projection optics (PL) through projection optics (PL).

[0014]

According to this invention, the air bubbles in the liquid of Hazama of projection optics and a body are detectable through projection optics, based on a detection result, generating of an error can be detected or the suitable measures of performing cellular removal actuation can be taken.

[0015]

The device manufacture approach of this invention is characterized by using the aligner (EX) of the above-mentioned publication. Since immersion exposure processing to the light-receiving actuation and the substrate by the electric eye can be performed good according to this invention, without being influenced of the air bubbles in a liquid, the device which has the desired engine performance can be manufactured.

[Effect of the Invention]

[0016]

According to this invention, light can be irradiated in the state of an exposure good [ without being influenced of the air bubbles in a liquid ] to various bodies, such as an electric eye arranged at the image surface side of projection optics, and a substrate, and accurate exposure processing can be performed.

[Best Mode of Carrying Out the Invention]

[0017]

Hereafter, it explains, referring to a drawing about the aligner of this invention. Drawing 1 is the outline block diagram showing 1 operation gestalt of the aligner of this invention.

The mask stage MST where Aligner EX supports Mask M in drawing 1 The illumination-light study system IL which illuminates the mask M currently supported by the substrate stage PST which supports Substrate P, and the mask stage MST with the exposure light EL The projection optics PL which carries out projection exposure of the pattern image of the mask M illuminated with the exposure light EL at the substrate P currently supported by the substrate stage PST It connected with the control unit CONT and control unit CONT which carry out generalization control of the actuation of the whole aligner EX, and has the storage MRY which memorized the various information about exposure processing. Moreover, Aligner EX is equipped with the space image metering device 70 used for measurement of the image formation property (optical property) of projection optics PL. The space image metering device 70 is equipped with the electric eye 90 which receives the light (exposure light EL) which passed projection optics PL through the slit plate 75 which has the slit section 71 arranged at the image surface side of projection optics PL.

[0018]

The aligner EX of this operation gestalt is an immersion aligner which applied the immersion method, in order to shorten exposure wavelength substantially, and to make the depth of focus large substantially, while improving resolution, and it is equipped with the liquid feeder style 10 which supplies Liquid LQ on Substrate P, and the liquid recovery device 20 in which the liquids LQ on Substrate P are collected. Aligner EX forms the immersion (locally) field AR 2 in the part on the substrate P which includes the projection field AR 1 of projection optics PL with the liquid LQ supplied from the liquid feeder style 10, while imprinting the pattern image of Mask M on Substrate P at least. Aligner EX fills Liquid LQ between the optical element 60 by the side of the tip of projection optics PL (image surface side), and the front face of Substrate P, and, specifically, exposes this substrate P by irradiating the exposure light EL through this projection optics PL, and Hazama's Liquid LQ and projection optics PL with Substrate P, and projecting the pattern image of Mask M on Substrate P.

[0019]

Moreover, during the measurement actuation by the space image metering device 70, Liquid LQ is filled between projection optics PL and the slit plate 75 so that it may mention later. And when Liquid LQ is filled between projection optics PL and the slit plate 75, the jet generation equipment 180 which constitutes the cellular stripper for removing the air bubbles adhering to top-face 75A used as the liquid contact surface of the slit plate 75 is formed in about 75 slit plate.

[0020]

Furthermore, Aligner EX is equipped with the ultraviolet radiation irradiation equipment 300 which can irradiate ultraviolet radiation to said slit plate 75 arranged at the image surface side of projection optics PL. Ultraviolet radiation irradiation equipment 300 is formed so that it may rank with projection optics PL.

[0021]

With this operation gestalt, carrying out a synchronized drive for being suitable (hard flow), as an aligner EX, the case where the scanning aligner (the so-called scanning stepper) which exposes a mutually different pattern [ in / for Mask M and Substrate P / a scanning direction ] formed in Mask M to Substrate P is used is made into an example, and it explains. Let [ the direction which is in agreement with the optical axis AX of projection optics PL ] a direction (non-scanning direction) perpendicular to X shaft orientations, Z shaft orientations, and X shaft orientations be Y shaft orientations for the direction of a synchronized drive of Mask M and Substrate P (scanning direction) in the following explanation in a flat surface perpendicular to Z shaft orientations and Z shaft orientations. Moreover, let the rotation (inclination) directions of the circumference of the X-axis, a Y-axis, and the Z-axis be  $\theta_X$ ,  $\theta_Y$ , and  $\theta_Z$  direction, respectively. In addition, a "substrate" here contains the reticle the "mask" had the device pattern by which contraction projection is carried out formed on a substrate including what applied the photoresist which is a photosensitive ingredient on the semi-conductor wafer.

[0022]

The illumination-light study system IL changes into the exposure light EL the flux of light (laser beam) LB injected from the light source 1, and illuminates the mask M currently supported by the mask stage MST with the exposure light EL. As an exposure light EL injected from the illumination-light study system IL, vacuum-ultraviolet light (VUV light), such as far-ultraviolet light (DUV light), such as the bright line (g line, h line, i line) of an ultraviolet area, KrF excimer laser light (wavelength of 248nm), etc. which are injected, for example from a mercury lamp, and ArF excimer laser light (wavelength of 193nm), F2 laser beam (wavelength of 157nm), etc. is used. ArF excimer laser light is used in this operation gestalt.

[0023]

Pure water is used for Liquid LQ in this operation gestalt. Pure water can penetrate not only ArF excimer laser light but far-ultraviolet light (DUV light), such as the bright line (g line, h line, i line) of an ultraviolet area, KrF excimer laser light (wavelength of 248nm), etc. which are injected from a mercury lamp.

[0024]

The light source 1 in this operation gestalt is an excimer laser which injects ArF excimer laser light (wavelength of 193nm), and has turning on and off, main wavelength, spectral half-width, a repeat frequency of the laser luminescence, etc. controlled by the control unit CONT.

[0025]

The illumination-light study system IL is equipped with the beam plastic surgery optical system 2, the optical integrator 3, the illumination system aperture diaphragm plate 4, the relay optical system 6 and 8, fixed-mask-of-illuminator blind 7A, movable mask blind 7B, the mirror 9, and the condensing lens 30 grade. Although a fly eye lens is used as an optical integrator 3 with this operation gestalt, you may be a rod mold (internal reflection mold) integrator or a diffracted-light study component. In the beam plastic surgery optical system 2, in order to operate orthopedically so that incidence may be efficiently carried out to the optical integrator 3 in which the cross-section configuration of the laser beam LB by which pulse luminescence was carried out by the light source 1 was prepared behind [ optical-path ] this laser beam LB, the cylindrical lens, the beam expander, etc. are contained. The optical integrator (fly eye lens) 3 is arranged on the optical path of the laser beam LB injected from the beam plastic surgery optical system 2, and in order to illuminate Mask M by uniform illumination distribution, it forms the surface light source which consists of much point light sources (light source image), i.e., the secondary light source.

[0026]

Near the injection side focal plane of the optical integrator 3, the illumination system aperture-diaphragm plate 4 which consists of a disc-like member is arranged. It consists of the aperture diaphragm (usually diaphragm) and small circular opening which is an equiangular distance mostly, for example, becomes this illumination system aperture-diaphragm plate 4 from the usual circular opening, and the aperture diaphragm (small mho diaphragm) for making small the sigma value which is a coherence factor, the aperture diaphragm (zona-orbicularis diaphragm) of the shape of zona orbicularis for zona-orbicularis lighting, the deformation aperture diaphragm (quadrupole lighting diaphragm called SHRINC) that were made to carry out eccentricity of two or more openings to deformation light source methods, and have arranged are arranged. This illumination system aperture-diaphragm plate 4 rotates with the driving gears 31, such as a motor controlled by the control unit CONT, and, thereby, one of aperture diaphragms is alternatively arranged on the optical path of the exposure light EL.

[0027]

On the optical path of the exposure light EL which passed the illumination system aperture diaphragm plate



4, the beam splitter 5 with large transmission with a small reflection factor is arranged, further, the mask blinds 7A and 7B are made to intervene on the optical path of this back, and relay optical system (6 8) is arranged. Fixed-mask-of-illuminator blind 7A is arranged in the field slightly defocused from the conjugation side over the pattern side of Mask M, and rectangle opening which specifies the lighting field IA on Mask M is formed. Moreover, movable mask blind 7B in which the location and width of face of a direction corresponding to the non-scanning direction (Y shaft orientations) which intersects perpendicularly with a scanning direction (X shaft orientations) and this near this fixed-mask-of-illuminator blind 7A have adjustable opening, respectively is arranged, and exposure of an unnecessary part is prevented by restricting the lighting field IA further through that movable mask blind 7B at the time of initiation of scan exposure, and termination. Moreover, movable mask blind 7B is used also for a setup of the lighting field in the case of the space image measurement mentioned later with this operation gestalt. On the other hand, on the optical path of the exposure light EL reflected by the beam splitter 5 in the illumination-light study system IL, sensibility is good in a condenser lens 32 and a far-ultraviolet region, and in order to detect pulse luminescence of the light source 1, the integrator sensor 33 which consists of photo detectors, such as an PIN mold photodiode which has a high response frequency, is arranged.

[0028]

Thus, if an operation of the constituted illumination-light study system IL is explained briefly, after the cross-section configuration is orthopedically operated so that incidence may be carried out to the beam plastic surgery optical system 2 and incidence may be efficiently carried out to the back optical integrator 3 here, incidence of the laser beam LB by which pulse luminescence was carried out from the light source 1 will be carried out to the optical integrator 3. Thereby, the secondary light source is formed in the injection side focal plane (pupil surface of the illumination-light study system IL) of the optical integrator 3. After the exposure light EL injected from this secondary light source passes one on the illumination system aperture diaphragm plate 4 of aperture diaphragms, incidence of it is carried out to the beam splitter 5 with a small reflection factor with large transmission. After the exposure light EL which penetrated this beam splitter 5 passes opening of the rectangle of fixed-mask-of-illuminator blind 7A, and movable mask blind 7B through the 1st relay lens 6, it passes the 2nd relay lens 8 and a mirror 9 bends an optical path at a perpendicular lower part. The exposure light EL which had the optical path bent by the mirror 9 illuminates the lighting field IA on the mask M held in the mask stage MST by uniform illumination distribution through a condensing lens 30.

[0029]

On the other hand, light is received by the integrator sensor 33 through a condenser lens 32, and the exposure light EL reflected by the beam splitter 5 is supplied to a control unit CONT through the signal processor with which the photo-electric-conversion signal of the integrator sensor 33 has non-illustrated a peak hold circuit and an A/D converter. With this operation gestalt, the measurement value of the integrator sensor 33 is used for light exposure control, and also it is used for count of the exposure to projection optics PL, and this exposure is used for calculation of the variation of the image formation property by illumination-light absorption of projection optics PL with a substrate reflection factor (it can also ask for this based on the output of an integrator sensor, and the output of a non-illustrated reflection factor monitor). With this operation gestalt, at the predetermined spacing, based on the output of the integrator sensor 33, an exposure is calculated by the control unit CONT, and the count result is memorized by Storage MRY as exposure hysteresis.

[0030]

A mask stage MST holds Mask M, is movable, for example, is fixing Mask M by vacuum adsorption (or electrostatic adsorption). the mask stage driving gear MSTD which non-contact support of the mask stage MST is carried out through the gas bearing (air bearing) which is non-contact bearing on the mask base 55, and contains a linear motor etc. -- the inside of a flat surface perpendicular to the optical axis AX of projection optics PL, i.e., XY flat surface, -- two-dimensional -- very small to movable and theta Z direction -- it is pivotable. And the mask stage MST has become movable about the mask base 55 top with the scan speed specified as X shaft orientations, and has the migration stroke of X shaft orientations to which the whole surface of Mask M can cross the optical axis AX of projection optics PL at least.

[0031]

The migration mirror 41 is formed on the mask stage MST. Moreover, the laser interferometer 42 is formed in the location which counters the migration mirror 41. The location of the two-dimensional direction of the mask M on a mask stage MST and the angle of rotation (depending on the case, the angle of rotation of thetaX and the direction of thetaY is also included) of theta Z direction are measured on real time by the

laser interferometer 42, and a measurement result is outputted to a control unit CONT. A control device CONT controls the location of the mask M currently supported by the mask stage MST by driving the mask stage driving gear MSTD based on the measurement result of a laser interferometer 42.

[0032]

Projection optics PL carries out projection exposure of the pattern of Mask M for the predetermined projection scale factor beta at Substrate P, and consists of two or more optical elements containing the optical element (lens) 60 prepared in the image surface side (Substrate P side). In this operation gestalt, the projection scale factor beta of projection optics PL is the contraction system of 1/4 or 1/5. In addition, any of unit systems and an expansion system are sufficient as projection optics PL.

[0033]

The optical element 60 of the image surface side point of the projection optics PL of this operation gestalt is held in the lens cel 62. Moreover, two or more optical elements other than optical element 60 are held by Lens-barrel PK. In the following explanation, two or more optical elements held at Lens-barrel PK are suitably called "the projection optics body MPL." And the point of the lens-barrel PK of the projection optics body MPL and the lens cel 62 holding an optical element 60 are connected by the linkage 61 so that the lens cel 62 holding an optical element 60 can be exchanged. The liquid LQ of the immersion field AR 2 contacts an optical element 60. The optical element 60 is formed with the fluorite. since compatibility of a fluorite with water is high -- liquid contact surface 60a of an optical element 60 -- Liquid LQ can be mostly stuck on the whole surface. That is, since he is trying for compatibility with liquid contact surface 60a of an optical element 60 to supply the high liquid(water) LQ in this operation gestalt, the adhesion of liquid contact surface 60a of an optical element 60 and Liquid LQ can be high, and can fill certainly the optical path of Hazama of an optical element 60 and Substrate P with Liquid LQ. In addition, an optical element 60 may be a quartz with high compatibility with water. Moreover, hydrophilization (lyophilic-izing) processing is performed to liquid contact surface 60a of an optical element 60, and you may make it raise compatibility with Liquid LQ more.

[0034]

The substrate stage PST holds Substrate P, is movable and is constituted including X-Y stage 53 and Z tilt stage 52 carried on X-Y stage 53. Non-contact support of X-Y stage 53 is carried out through the gas bearing (air bearing) which is the non-contact bearing which is not illustrated above the top face of the stage base 54. the substrate stage driving gear PSTD which X-Y stage 53 (substrate stage PST) is in the condition by which non-contact support was carried out to the top face of the stage base 54, and contains a linear motor etc. -- the inside of a flat surface perpendicular to the optical axis AX of projection optics PL, i.e., XY flat surface, -- two-dimensional -- minute to movable and theta Z direction -- it is pivotable. Z tilt stage 52 is carried on this X-Y stage 53, and the substrate holder 51 is carried on Z tilt stage 52. Substrate P is held by vacuum adsorption etc. with this substrate holder 51. Z tilt stage 52 is formed also in Z shaft orientations, the direction of thetaX, and the direction of thetaY movable by the actuator mentioned later. The substrate stage driving gear PSTD containing the above-mentioned actuator is controlled by the control unit CONT. The substrate stage PST cooperates with the below-mentioned focal detection system, and it performs positioning in X shaft orientations and Y shaft orientations of Substrate P while it controls the focal location (Z location) and tilt angle of Substrate P and doubles the front face of Substrate P with the image surface of projection optics PL by the automatic focus method and the auto leveling method.

[0035]

Moreover, on the substrate stage PST (substrate holder 51), the auxiliary plate 57 is formed so that Substrate P may be surrounded. The auxiliary plate 57 has the front face of the substrate P held at the substrate holder 51, and the flat surface of the almost same height. Also when exposing the edge field of Substrate P, Liquid LQ can be held under projection optics PL with the auxiliary plate 57.

[0036]

The migration mirror 43 is formed on the substrate stage PST (Z tilt stage 52). Moreover, the laser interferometer 44 is formed in the location which counters the migration mirror 43. The location of the two-dimensional direction of the substrate P on the substrate stage PST and an angle of rotation are measured on real time by the laser interferometer 44, and a measurement result is outputted to a control unit CONT. A control unit CONT positions the substrate P currently supported by the substrate stage PST by driving the substrate stage driving gear PSTD which contains a linear motor etc. based on the measurement result of a laser interferometer 44.

[0037]

Moreover, Aligner EX is equipped with the focal detection system 45 which detects the location of the front

face of the substrate P currently supported by the substrate stage PST (substrate holder 51). The focal detection system 45 is equipped with floodlighting section 45A which projects the flux of light for detection from the direction of slant through Liquid LQ on Substrate P, and light sensing portion 45B which receives the reflected light of said flux of light for detection reflected with Substrate P. The light-receiving result of the focal detection system 45 (light sensing portion 45B) is outputted to a control unit CONT. A control unit CONT can detect the positional information of Z shaft orientations of a substrate P front face based on the detection result of the focal detection system 45. Moreover, thetaX of Substrate P and the inclination information on the direction of thetaY are detectable by projecting two or more flux of lights for detection from floodlighting section 45A. In addition, as a configuration of the focal detection system 45, what is indicated by JP,6-283403,A etc., for example can be used.

[0038]

the substrate stage driving gear PSTD with which a control device CONT contains Z location mechanical components 56A-56C mentioned later so that a focal gap may serve as zero based on the focal gap signal (defocusing signal), for example, S curve signal, from light sensing portion 45B at the time of scan exposure etc. -- minding -- the migration to Z shaft orientations of Z tilt stage 52 -- and an inclination (rotation of thetaX and the direction of thetaY) is controlled two-dimensional. That is, a control device CONT performs the automatic focus and auto leveling which make the image formation side of projection optics PL, and the front face of Substrate P agree substantially by controlling migration of Z tilt stage 52 using the multipoint focus detection system 45.

[0039]

Moreover, near the tip of projection optics PL, the substrate alignment system 46 of an off axis method which detects the reference mark formed on the criteria member which is not illustrated [ which was prepared on the alignment mark on Substrate P or the substrate stage PST ] is formed. Moreover, near the mask stage MST, the mask alignment system 47 which detects the reference mark prepared in said criteria member through Mask M and projection optics PL is formed. With this operation gestalt, the alignment sensor of an image-processing method and the so-called FIA (Field Image Alignment) system are used as this alignment system. In addition, as a configuration of the substrate alignment system 46, what is indicated by JP,4-65603,A, for example can be used, and what is indicated by JP,7-176468,A can be used as a configuration of the mask alignment system 47.

[0040]

Drawing 2 is the enlarged drawing showing the liquid feeder style 10, the liquid recovery device 20, and projection optics PL. The projection optics body MPL was independently formed in the projection optics body [ which is constituted including the optical elements 64a-64j of two or more sheets (here ten sheets) held at Lens-barrel PK ] MPL, and image surface side (Substrate P side) of projection optics PL, and projection optics PL is equipped with the optical element 60 held at the lens cel 62. The part 64a and 64b, for example, optical elements, is constituted [ among the optical elements 64a-64j which constitute projection optics PL ] by two or more driver elements (for example, piezo-electric element etc.) 63 possible [ a minute drive ] in the optical-axis AX direction and the inclination direction over XY side, respectively. Moreover, among optical elements 64d and 64e and among optical elements 64f and 64g, the 1st and 2nd sealing rooms 65A and 65B made into the sealing condition, respectively are formed. A clean gas, for example, a dried air, is supplied to these 1st and 2nd sealing rooms 65A and 65B through the pressure-regulator style 66 from the gas supply device in which it does not illustrate.

[0041]

Driver voltage (amount of drives of driver element), and 1st and 2nd sealing room 65A given to each driver element 63 with this operation gestalt, The pressure-regulator style 66 which adjusts the pressure (internal pressure) of the gas inside 65B is controlled by the image formation property adjusting device 67 according to the command from a control unit CONT. By this The image formation property of projection optics PL, for example, an image surface location, a curvature of field, distortion, a scale factor, etc. are amended. In addition, only a movable optical element like optical element 64a may constitute, the number of the movable optical elements of the image formation property adjustment device in which this image formation property is adjusted is also arbitrary, and it is good. However, what is necessary is just to define the number of movable optical elements according to the class of image formation property to be amended, since the number of movable optical elements corresponds to the class which can amend the image formation property of projection optics PL except a focus in this case.

[0042]

Z tilt stage 52 is supported by three Z location mechanical components 56A, 56B, and 56C (however, Z

location mechanical-component 56C by the side of the space back un-illustrating) by three points on X-Y stage 53. Three actuator (for example, voice coil motor etc.) 59A to which these Z location mechanical components 56A-56C drive independently each supporting point of Z tilt stage 52 inferior surface of tongue in the direction of an optical axis of projection optics PL (Z direction), 59B and 59C (however, actuator 59C by the side of the space back in drawing 2 un-illustrating), It is constituted including the encoders 58A, 58B, and 58C (however, encoder 58C by the side of the space back in drawing 2 un-illustrating) which detect the amount of drives of Z shaft orientations by Z location mechanical components 56A, 56B, and 56C of Z tilt stage 52 (variation rate from a criteria location). As encoders 58A-58C, linear encoders, such as optical or an electrostatic-capacity type, are used here, for example. The driving gear which drives Z tilt stage 52 with the above-mentioned actuators 56A, 56B, and 56C in the direction of thetaY, the inclination direction, i.e., thetaX, to the field (XY side) which intersects perpendicularly with the optical-axis AX direction (Z shaft orientations) and an optical axis, consists of these operation gestalten. Moreover, Z location mechanical-component 56A of Z tilt stage 52 measured with Encoders 58A-58C, The amount of drives of Z shaft orientations of each supporting point by 56B and 56C (the variation rate from a reference point amount) is outputted to a control unit CONT. A control unit CONT Based on the measurement result of the encoders 58A-58C, the location and the amount of leveling (thetaX rotation, thetaY rotation) of Z shaft orientations of Z tilt stage 52 are calculated.

[0043]

In a predetermined period including the time of exposure processing, Liquid LQ is supplied between projection optics PL and Substrate P, it connected with the liquid feed zone 11 which can send out Liquid LQ, and the liquid feed zone 11 through the supply pipe 12, and the liquid feeder style 10 is equipped with the supply nozzle 13 which supplies the liquid LQ sent out from this liquid feed zone 11 on Substrate P. The supply nozzle 13 approaches the front face of Substrate P, and is arranged. The liquid feed zone 11 is equipped with the tank which holds Liquid LQ, the booster pump, etc., and supplies Liquid LQ on Substrate P through a supply pipe 12 and the supply nozzle 13. Liquid supply actuation of the liquid feed zone 11 is controlled by the control unit CONT, and its control unit CONT is controllable in the liquid amount of supply per [ to the substrate P top by the liquid feed zone 11 ] unit time amount.

[0044]

The liquid recovery device 20 collects the liquids LQ of Hazama of projection optics PL and Substrate P in a predetermined period including the time of exposure processing, and is equipped with the recovery nozzle 23 arranged by approaching the front face of Substrate P, and the liquid stripping section 21 connected to the recovery nozzle 23 through the recovery tubing 22. The liquid stripping section 21 is constituted including the vacuum system (aspirator) containing a vacuum pump, the tank which holds the collected liquid LQ, and the actuation is controlled by the control unit CONT. When the vacuum system of the liquid stripping section 21 drives, the liquids LQ on Substrate P are collected through the recovery nozzle 23. In addition, you may make it use the vacuum system of the works where Aligner EX is arranged as a vacuum system, without forming a vacuum pump in an aligner.

[0045]

In addition, it is desirable to specifically form the vapor-liquid-separation machine which separates the liquid LQ absorbed from the recovery nozzle 23 and a gas between the recovery nozzle 23 and a vacuum system in the middle of the recovery tubing 22. By the liquid stripping section (vacuum system) 21, in case suction recovery of the liquid LQ on Substrate P is carried out, since the situation of collecting Liquids LQ with the gas (air) of the perimeter may arise, by separating Liquid LQ and the gas which were collected from the recovery nozzle 23 with the vapor-liquid-separation vessel, Liquid LQ can flow into a vacuum system and inconvenient generating of the vacuum system breaking down can be prevented. The liquid LQ collected by the liquid stripping section 21 is discarded, for example, or is made clean, and is returned and reused by liquid feed zone 11 grade.

[0046]

In addition, the liquid feeder style 10 and the liquid recovery device 20 are separated and supported to projection optics PL. Thereby, vibration produced by the liquid feeder style 10 and the liquid recovery device 20 does not get across to projection optics PL.

[0047]

Drawing 3 is the top view showing physical relationship with the projection field AR 1 of the liquid feeder style 10 and the liquid recovery device 20, and projection optics PL. The projection field AR 1 of projection optics PL serves as the shape of a long and slender rectangle (the shape of a slit) at Y shaft orientations, three supply nozzles 13A-13C are arranged at the +X side, and two recovery nozzles 23A and 23B are

arranged at the -X side so that the projection field AR 1 may be inserted into X shaft orientations. And the supply nozzles 13A-13C are connected to the liquid feed zone 11 through a supply pipe 12, and the recovery nozzles 23A and 23B are connected to the liquid stripping section 21 through the recovery tubing 22. Moreover, the supply nozzles 16A-16C and the recovery nozzles 26A and 26B are arranged by the physical relationship turning around the supply nozzles 13A-13C and about 180 degrees of recovery nozzles 23A and 23B. The supply nozzles 13A-13C and the recovery nozzles 26A and 26B are arranged by turns by Y shaft orientations, the supply nozzles 16A-16C and the recovery nozzles 23A and 23B are arranged by turns by Y shaft orientations, the supply nozzles 16A-16C are connected to the liquid feed zone 11 through a supply pipe 15, and the recovery nozzles 26A and 26B are connected to the liquid stripping section 21 through the recovery tubing 25.

[0048]

Drawing 4 is the outline block diagram showing the space image metering device 70 used for measurement of the image formation property (optical property) of projection optics PL. The space image metering device 70 is equipped with the electric eye 90 which receives the light which passed projection optics PL through the slit plate 75 which has the slit section 71 arranged at the image surface side of projection optics PL. The slit plate 75 is formed in Z tilt stage 52 by the side of the image surface of projection optics PL. The optical element 76 by which the electric eye 90 has been arranged in the Z tilt stage 52 interior in the location near the slit plate 75, The mirror 77 which bends the optical path of the light which passed the optical element 76, and the optical element 78 in which the light through a mirror 77 carries out incidence, The light transmission lens 79 which sends the light which passed the optical element 78 to the Z tilt stage 52 exterior, It was prepared in the Z tilt stage 52 exterior, and has the mirror 80 which bends the optical path of the light from the light transmission lens 79, the light-receiving lens 81 which receives the light which passed the mirror 80, and the photosensor (photo detector) 82 which consists of an optoelectric transducer which receives the light through the light-receiving lens 81.

[0049]

The slit plate 75 is equipped with the reflective film 73 which consists of aluminum prepared in parts other than light-shielding film 72 in around the light-shielding film 72 which consists of chromium prepared in the top-face center section of the plane view rectangle-like glass plate member 74, and its light-shielding film 72 (i.e., the top face of the glass plate member 74), and the slit section 71 which is the opening pattern formed in a part of light-shielding film 72. In the slit section 71, the glass plate member 74 which is a transparence member is exposed, and light can penetrate the slit section 71.

[0050]

Heights 83 are formed in the location which adjoins the substrate holder 51 on the top face of Z tilt stage 52, and opening 84 is formed in the upper part of the heights 83. The slit plate 75 has become removable to the opening 84 of heights 83, and is inserted in from the upper part in the condition of plugging up the opening 84. Moreover, the top face of the slit plate 75 has sufficient area so that Liquid LQ can be held by Hazama with an optical element 60.

[0051]

As a formation ingredient of the glass plate member 74, good penetrable synthetic quartz or a penetrable good fluorite to ArF excimer laser light or KrF excimer laser light etc. is used. In addition, a refractive index [ as opposed to 1.56 and KrF excimer laser light in the refractive index to the ArF excimer laser light of synthetic quartz ] is about 1.51.

[0052]

The optical element 76 is arranged under the slit section 71 in the Z tilt stage 52 interior, and is held by the attachment component 85. The attachment component 85 holding an optical element 76 is attached in internal-surface 83A of heights 83. The light which passed the optical element 76 arranged to the Z tilt stage 52 interior passes an optical element 78, after being able to bend the optical path by the mirror 77. The light which passed the optical element 78 is sent out to the exterior of Z tilt stage 52 with the light transmission lens 79 currently fixed to the +X side side attachment wall of Z tilt stage 52. The light sent out to the Z tilt stage 52 exterior with the light transmission lens 79 is led to the light-receiving lens 81 by the mirror 80. The photosensor 82 arranged above the light-receiving lens 81 and its light-receiving lens 81 maintains position relation, and is contained by the case 86. The case 86 is being fixed near [ which was established in the top face of the stage base 54 through the attachment member 87 ] the upper limit section of a stanchion 88.

[0053]

In addition, the mirror 77, the optical element 78, and the light transmission lens 79 grade are removable to

Z tilt stage 52. Moreover, the stanchion 88 which supports the case 86 which contained the light-receiving lens 81 and the photosensor 82 is removable to the stage base 54.

[0054]

A detectable optoelectric transducer with a sufficient precision (photo detector), for example, a photomultiplier tube etc., (PMT, photomultiplier tube) is used for a photosensor 82 in a feeble light. The photo-electric-conversion signal from a photosensor 82 is sent to a control unit CONT through a signal processor.

[0055]

Drawing 5 is drawing showing the condition of measuring the image formation property of projection optics PL using the space image metering device 70. As shown in drawing 5, in case the image formation property of projection optics PL is measured, Liquid LQ is filled with the condition of having made projection optics PL and the slit plate 75 counteracting, using the liquid feeder style 10 and the liquid recovery device 20 between the optical element 60 by the side of the tip of projection optics PL (image surface side), and the slit plate 75. And the light (exposure light EL) which minded projection optics PL and Liquid LQ between the optical element 60 of projection optics PL and the slit plate 75 where Liquid LQ is filled is irradiated by the slit plate 75 which constitutes the space image metering device 70. Moreover, the field positional information of top-face 75A of the slit plate 75 at this time is detectable using the focal detection system 45.

[0056]

The important section expanded sectional view showing the slit plate 75 and about 76 optical element by which drawing 6 has been arranged to the heights 83 interior among the space image metering devices 70, and drawing 7 are the top views which looked at the slit plate 75 from the upper part. In addition, in drawing 6, the electric eye 90 is simplified and illustrated and only the optical element 76 arranged on the optical path of light at the location nearest to the slit plate 75 among two or more optical elements which constitute an electric eye 90, and a member, and the photosensor 82 which receives the light which passed the optical element 76 are illustrated. In the space image metering device 70 shown in drawing 6, Liquid LQ is filled between the slit plate 75 and the electric eye 90. In this operation gestalt, Liquid LQ is filled between the inferior surface of tongue of the slit plate 75 by which fitting is carried out to the opening 84 of heights 83, and the optical element 76 arranged in the location nearest to the slit plate 75 among two or more optical elements arranged on the optical path of an electric eye 90. The optical element 76 is held in the lower part location of the slit plate 75 at the attachment component 85 attached in internal-surface 83A of heights 83, and Liquid LQ is filled in the space SP surrounded by the slit plate 75, the attachment component 85, and the optical element 76. In this operation gestalt, the optical element 76 is constituted by the plano-convex lens, turns the flat side up and is arranged. And inner base 85A of an attachment component 85 and top-face (flat side) 76A of an optical element 76 are almost flat-tapped. Moreover, an attachment component 85 is formed in a cross-sectional-view abbreviation facing-up U shape, lateral-surface 85B of the attachment component 85 and internal-surface 83A of heights 83 are close, and the seal members 91, such as an O ring, are formed between upper limit side (plane of composition with slit plate 75) 85C of an attachment component 85, and the slit plate 75. Un-arranging [ which the liquid LQ filled in Space SP reveals outside by this ] is prevented.

[0057]

The attachment component 85 holding the slit plate 75 and an optical element 76 is removable to internal-surface 83A of heights 83. In case an attachment component 85 is attached, from the opening 84 of heights 83, the attachment component 85 holding an optical element 76 is inserted in the heights 83 interior (the slit plate 75 is not attached at this time), and an attachment component 85 and internal-surface 83A of heights 83 are fixed by the non-illustrated holddown member. Subsequently, the slit plate 75 is inserted in opening 84. What is necessary is on the other hand, just to draw out an attachment component 85 through opening 84, after removing the slit plate 75 from opening 84, in case an attachment component 85 is removed.

[0058]

Moreover, Aligner EX is equipped with the liquid feeder 100 which supplies Liquid LQ to the space SP of Hazama of the slit plate 75 and the optical element 76 of an electric eye 90, and the liquid recovery system 104 which collects the liquids LQ of the space SP. The feeder current way 102 linked to Space SP is formed in heights 83 and the wall by the side of +X of an attachment component 85, and the recovery passage 106 linked to Space SP is formed in the wall by the side of -X. Moreover, the end section of a supply pipe 101 is connected to the liquid feeder 100, and the other end of a supply pipe 101 is connected to the feeder current way 102 through the joint 103. The end section of the recovery tubing 105 is connected to the liquid recovery system 104, and the other end of the recovery tubing 105 is connected to the recovery passage 106

through the joint 107. Moreover, the bulbs 101A and 105A which open and close the passage in the middle of [ each ] a supply pipe 101 and the recovery tubing 105 are formed. Actuation of the liquid feeder 100, the liquid recovery system 104, and Bulbs 101A and 105A is controlled by the control unit CONT, and a control unit CONT is controlling these and performing the supply and recovery of Liquid LQ to Space SP, and fills Space SP with Liquid LQ.

[0059]

Here, in the following explanation, the immersion field formed with the liquid LQ filled between "the 1st immersion field LA 1", the slit plate 75, and the electric eye 90 (optical element 76) in the immersion field formed of LQ filled between projection optics PL and the slit plate 75 is suitably called "the 2nd immersion field LA 2."

[0060]

In addition, although Liquid LQ is filled with performing supply and recovery of Liquid LQ using the liquid feeder 100 and the liquid recovery system 104 to the space SP of Hazama of the slit plate 75 and an optical element 76 here, the configuration of filling Liquid LQ to Space SP at the time of manufacture of Aligner EX, without using the liquid feeder 100 and the liquid recovery system 104 is also possible. The slit plate 75 is removed in [ heights / 83 (Z tilt stage 52) ] this case, and you may make it exchange the liquid LQ of Space SP periodically. On the other hand, it is possible to fill the liquid LQ always fresh (for it to be pure) to Space SP with performing supply and recovery of Liquid LQ using the liquid feeder 100 and the liquid recovery system 104. Moreover, in case the attachment component 85 which held the slit plate 75 and the optical element 76, for example is removed from heights 83 (Z tilt stage 52), after the liquid recovery system 104 recovers the liquid LQ of Space SP, an attachment-and-detachment activity can be done by removing the attachment component 85 holding the slit plate 75 or an optical element 76, without leaking Liquid LQ and dispersing.

[0061]

As shown in drawing 7 , the slit plate 75 is equipped with the reflective film 73 which consists of aluminum prepared in parts other than light-shielding film 72 in around the light-shielding film 72 which consists of chromium prepared in the top-face center section of the plane view rectangle-like glass plate member 74, and its light-shielding film 72 (i.e., the top face of the glass plate member 74), and the slit section 71 which is the opening pattern formed in a part of light-shielding film 72. In the slit section 71, the glass plate member 74 which is a transparence member is exposed, and light can penetrate the slit section 71. The slit section 71 is the slit of the shape of a rectangle which makes Y shaft orientations a longitudinal direction (the shape of a rectangle), and has predetermined width-of-face 2D.

[0062]

As shown in drawing 6 , the jet generation equipment 180 for removing the air bubbles adhering to top-face 75A used as the liquid contact surface of this slit plate 75 near the slit plate 75 is formed. Jet generation equipment 180 generates a jet in the liquid LQ of the 1st immersion field LA 1 filled between the optical element 60 of the point of projection optics PL, and the slit plate 75, and removes the air bubbles adhering to top-face 75A of the slit plate 75 by applying the generated jet at top-face 75A of the slit plate 75. Jet generation equipment 180 is equipped with the piping section 182 which connected the end section (end face section) to the liquid feed zone 181, and the nozzle section 183 connected to the other end (point) of the piping section 182. The nozzle section 183 is arranged at about 75 slit plate. Moreover, the piping section 182 is attached on Z tilt stage 52. Therefore, when the substrate stage PST moves, the nozzle section 183 attached in the piping section 182 and its point moves with the slit plate 75. That is, even if the substrate stage PST moves, the relative-position relation between the nozzle section 183 and the slit plate 75 does not change. In this operation gestalt, the piping section 182 is separated with heights 83 and the slit plate 75, and it is separated also from the nozzle section 183 of the section with the slit plate 75. Moreover, outlet 183A of the nozzle section 183 is arranged to the 1st immersion field LA1 interior formed with the liquid LQ, when Liquid LQ is filled between the optical element 60 of projection optics PL, and the slit plate 75.

[0063]

In case the image formation property (a space image, projection image) of projection optics PL is measured using the space image metering device 70, a control device CONT moves on the substrate stage PST, and projection optics PL and the slit plate 75 are made to counter (that is, it changes into the condition which shows in drawing 5 ). And Liquid LQ is filled using the liquid feeder style 10 and the liquid recovery device 20 between the optical element 60 of the point of projection optics PL, and the slit plate 75. In parallel to this, a control unit CONT fills Liquid LQ between the optical element 76 of an electric eye 90, and the slit plate 75 using the liquid feeder 100 and the liquid recovery system 104 (or forward [ the ] or after).



[0064]

After forming the 1st immersion field LA 1, before performing space image measurement actuation, a control unit CONT performs cellular removal actuation which removes the air bubbles adhering to top-face 75A of the slit plate 75 using jet generation equipment 180. A control unit CONT drives the liquid feed zone 181 of jet generation equipment 180. From the liquid feed zone 181, the liquid LQ which had the rate of flow raised is sent out. The liquid LQ sent out from the liquid feed zone 181 blows off from outlet 183A of the nozzle section 183 through the piping section 182. Since outlet 183A of the nozzle section 183 is arranged to the 1st immersion field LA1 interior, when Liquid LQ blows off from outlet 183A to the 1st immersion field LA 1, a jet is generated in the liquid LQ of the 1st immersion field LA 1. Excitation of the liquid LQ of the 1st immersion field LA 1 is carried out by the jet. And when the jet of the generated liquid LQ hits top-face 75A of the slit plate 75, the air bubbles which had adhered to the field (namely, liquid contact surface) corresponding to the 1st immersion field LA 1 among top-face 75A of this slit plate 75 are removed. The air bubbles removed from top-face 75A are collected from the recovery nozzle 23 of the liquid recovery device 20 with Liquid LQ. In this way, the air bubbles adhering to top-face 75A of the slit plate 75 and the air bubbles in the liquid of the 1st immersion field LA 1 (the air bubbles which are floating in the liquid of the 1st immersion field LA 1 are included) are collected and removed from the recovery nozzle 23.

[0065]

It is desirable to perform degassing processing beforehand here to the liquid LQ which blows off from the nozzle section 183. Moreover, it is desirable to perform degassing processing to the liquid LQ supplied from the supply nozzle 13 of the liquid feeder style 10 beforehand. As degassing processing, heat-treatment of Liquid LQ and reduced pressure processing are included.

[0066]

With this operation gestalt, the nozzle section 183 of jet generation equipment 180 is formed so that a jet may be applied towards the slit section 71 among top-face 75A of the slit plate 75. Jet generation equipment 180 can remove certainly the air bubbles adhering to the slit section 71 by applying a jet to the slit section 71. Therefore, the light which passes the slit section 71 is received by the electric eye 90 good, without carrying out dispersion etc. Moreover, the light-shielding film 72 is formed in the surroundings of this slit section 71, and it has the composition that the level difference was formed by Hazama of the slit section 71 and a light-shielding film 72. Although air bubbles tend to adhere to this level difference section, jet generation equipment 180 can remove certainly the air bubbles adhering to the level difference section by applying a jet to this level difference section.

[0067]

After performing removal actuation of the air bubbles adhering to top-face 75A of the slit plate 75, a control unit CONT performs space image measurement actuation. The mask M equipped with the measurement mark mentioned later is supported by the mask stage MST at the time of measurement of a space image. A control unit CONT illuminates Mask M with the exposure light EL by the illumination-light study system IL. The light (exposure light EL) through the liquid LQ of said measurement mark, projection optics PL, and the 1st immersion field LA 1 is irradiated by the slit plate 75. Incidence of the light which passed the slit section 71 of the slit plate 75 is carried out to an optical element 76 through the liquid LQ of the 2nd immersion field LA 2.

[0068]

Since the numerical aperture NA of projection optics improves with the liquid LQ of the 1st immersion field LA 1 of Hazama of projection optics PL and the slit plate 75, if the numerical aperture NA of the optical element 76 of an electric eye 90 is not raised according to the numerical aperture NA of projection optics PL, either, it becomes impossible for an optical element 76 to incorporate the light which passed projection optics PL good (all), and to receive light good. Then, the optical element 76 of an electric eye 90 can incorporate the light through projection optics PL good by filling Liquid LQ and raising the numerical aperture NA of the optical element 76 of an electric eye 90 also between the slit plate 75 and the optical element 76 of an electric eye 90, when raising the numerical aperture NA of projection optics PL like this operation gestalt by filling Liquid LQ between projection optics PL and the slit plate 75.

[0069]

An optical element 76 condenses the light through the 2nd immersion field LA 2. The light condensed by the optical element 76 is drawn by the exterior of the substrate stage PST through a mirror 77, an optical element 78, and the light transmission lens 79. And the light drawn by the exterior of the substrate stage PST has an optical path bent by the mirror 80, and is received by the photosensor 82 through the light-



receiving lens 81, and the photo-electric-conversion signal (quantity of light signal) according to the light income is outputted to a control unit CONT through a signal processor from the photosensor 82.

[0070]

Since measurement of the projection image (space image) of a measurement mark is performed by the slit scan method, with this operation gestalt, the light transmission lens 79 will move to the light-receiving lens 81 and a photosensor 82 in that case, so that it may mention later. So, in the space image metering device 70, the magnitude of each lens and a mirror 80 is set up so that all the light through the light transmission lens 79 which moves within the limits of predetermined may carry out incidence to the light-receiving lens 81.

[0071]

In the space image metering device 70, since the photosensor 82 is formed in the predetermined location of the exterior of the substrate stage PST, it is controlled in the range in which the effect affect the measurement precision of the laser interferometer 44 resulting from generation of heat of a photosensor 82 etc. is possible. Moreover, since the exterior and the interior of the substrate stage PST are not connected by a light guide etc., the drive precision of the substrate stage PST is not influenced like [ when the exterior and the interior of the substrate stage PST are connected by the light guide ]. Of course, when the effect of heat etc. can be disregarded or eliminated, a photosensor 82 may be formed in the interior of the substrate stage PST. That is, the part may be prepared in the substrate stage PST among two or more optical elements and the photo detectors which constitute an electric eye 90, and all may be prepared in the substrate stage PST.

[0072]

A control unit CONT asks the amount of amendments for acquiring a desired image formation property, and a concrete target for the amount of drives of the optical elements 64a and 64b of projection optics PL, and the amount of adjustments of the internal pressure of the 1st and 2nd sealing rooms 65A and 65B based on the image formation property information on the projection optics PL measured using the space image metering device 70. Here, the relation (namely, image formation property coordinating information) between the amount of drives of the optical elements 64a and 64b of projection optics PL currently beforehand called for by an experiment or simulation and the amount of adjustments of the internal pressure of the 1st and 2nd sealing rooms 65A and 65B, and the variation (the amount of fluctuation) of the various image formation properties of projection optics PL is memorized by Storage MRY. A control unit CONT calculates the amount of amendments containing the amount of drives of the optical elements 64a and 64b of projection optics PL for amending the image formation property of projection optics PL in the request condition, and the amount of adjustments of the internal pressure of the 1st and 2nd sealing rooms 65A and 65B with reference to the above-mentioned relation memorized by Storage MRY.

[0073]

Hereafter, the procedure which exposes the pattern for device manufacture to Substrate P using Aligner EX is explained.

After deriving the amount of amendments for amending measurement of the image formation property through the projection optics PL by the space image metering device 70, and Liquid LQ, and said image formation property, a control device CONT drives the substrate stage PST through the substrate stage driving gear PSTD so that the substrate P loaded on projection optics PL and the substrate stage PST may be made to counter. In addition, the mask M with which the pattern for device manufacture was formed is loaded to the mask stage MST at this time. And a control unit CONT drives the liquid feed zone 11 of the liquid feeder style 10, and supplies the liquid LQ of the specified quantity on Substrate P per unit time amount through a supply pipe 12 and the supply nozzle 13. Moreover, a control unit CONT drives the liquid stripping section (vacuum system) 21 of the liquid recovery device 20 with supply of the liquid LQ by the liquid feeder style 10, and collects the liquids LQ of the specified quantity per unit time amount through the recovery nozzle 23 and the recovery tubing 22. Thereby, the immersion field AR 2 of Liquid LQ is formed between the optical element 60 of the point of projection optics PL, and Substrate P.

[0074]

And a control unit CONT illuminates Mask M with the exposure light EL by the illumination-light study system IL, and projects the image of the pattern of Mask M on Substrate P through projection optics PL and Liquid LQ. In case exposure processing to Substrate P is performed here, a control unit CONT performs exposure processing, driving the optical elements 64a and 64b of projection optics PL, or adjusting the internal pressure of the 1st and 2nd sealing rooms 65A and 65B, and adjusting the image formation property through projection optics PL and Liquid LQ based on the amount of amendments calculated the account of a top.

[0075]

At the time of scan exposure, some pattern images of Mask M are projected on the projection field AR 1, and Substrate P moves in the direction of +X (or the direction of -X) by rate  $\beta \cdot V$  ( $\beta$  is a projection scale factor) through the substrate stage PST to projection optics PL synchronizing with Mask M moving in the direction of -X (or the direction of +X) at a rate V. And after exposure ending to one shot field, the next shot field moves to a scan starting position by stepping of Substrate P, and exposure processing to each shot field is hereafter performed one by one by step - and - scanning method. With this operation gestalt, it is set as the migration direction of Substrate P, and parallel so that Liquid LQ may be poured in the same direction as the migration direction of Substrate P. That is, when moving Substrate P to the scanning direction (the direction of -X) shown by the arrow head Xa (refer to drawing 3) and performing scan exposure, the supply and recovery of Liquid LQ by the liquid feeder style 10 and the liquid recovery device 20 are performed using a supply pipe 12, the supply nozzles 13A-13C, the recovery tubing 22, and the recovery nozzles 23A and 23B. Namely, in case Substrate P moves in the direction of -X, while Liquid LQ is supplied between projection optics PL and Substrate P from the supply nozzle 13 (13A-13C), the liquids LQ on Substrate P are collected from the recovery nozzle 23 (23A, 23B), and Liquid LQ flows in the direction of -X so that between the optical element 60 of the point of projection optics PL and Substrates P may be filled. When moving Substrate P to the scanning direction (the direction of +X) shown by the arrow head Xb (refer to drawing 3) on the other hand and performing scan exposure, the supply and recovery of Liquid LQ by the liquid feeder style 10 and the liquid recovery device 20 are performed using a supply pipe 15, the supply nozzles 16A-16C, the recovery tubing 25, and the recovery nozzles 26A and 26B. Namely, in case Substrate P moves in the direction of +X, while Liquid LQ is supplied between projection optics PL and Substrate P from the supply nozzle 16 (16A-16C), the liquids LQ on Substrate P are collected from the recovery nozzle 26 (26A, 26B), and Liquid LQ flows in the direction of +X so that between the optical element 60 of the point of projection optics PL and Substrates P may be filled. Since the liquid LQ supplied through the supply nozzle 13 in this case is drawn between an optical element 60 and Substrate P with migration in the direction of -X of Substrate P, is made and flows, even if the supply energy of the liquid feeder style 10 (liquid feed zone 11) is small, Liquid LQ can be easily supplied between an optical element 60 and Substrate P. And also when scanning Substrate P by changing the direction which pours Liquid LQ according to a scanning direction in the which direction of the direction of +X, or the direction of -X, between an optical element 60 and Substrates P can be filled with Liquid LQ, and high resolution and the large depth of focus can be obtained.

[0076]

Since the jet generation equipment 180 from which the air bubbles adhering to top-face 75A of the slit plate 75 are removed was formed as explained above, when irradiating light through projection optics PL and Liquid LQ at the slit plate 75, the exposure condition of light can be maintained good, without being influenced of air bubbles. Therefore, inconvenient generating of aggravation of the light-receiving condition of an electric eye 90 etc. can be prevented. And inconvenient generating to which air bubbles exist in the 1st immersion field LA 1 can be prevented by collecting the air bubbles removed from top-face 75A of the slit plate 75, and the air bubbles which are floating in the liquid LQ of the 1st immersion field LA 1 according to the liquid recovery device 20.

[0077]

In addition, in this operation gestalt, the piping section 182 containing the nozzle section 183 is the configuration that the relative-position relation between the slit plate 75 and the nozzle section 183 does not change, even if it is prepared on Z tilt stage 52 with the heights 83 holding the slit plate 75 and the substrate stage PST moves. By carrying out like this, the jet generated with the liquid which blows off from outlet 183A of the nozzle section 183 can always be applied to the slit section 71. On the other hand, it supports with the drive whose nozzle section 183 is not illustrated, and is good to the slit plate 75 also as movable [ at least / in the direction of XY flat surface ] in outlet 183A of the nozzle section 183. top-face 75A of the slit plate 75 which contains the slit section 71 by carrying out like this -- a jet can be mostly applied uniformly to the whole region. Of course, the nozzle section 183 may be formed in Z shaft orientations movable. Moreover, the nozzle section 183 is formed possible [ an attitude ] to the space of Hazama of projection optics PL and the slit plate 75, and after cellular removal actuation is completed, you may make it the nozzle section 183 evacuate from the 1st immersion field LA 1.

[0078]

You may make it jet generation equipment 180 apply a jet to liquid contact surface 60a of the optical element 60 of the point of projection optics PL, as shown in drawing 8. By carrying out like this, the air

bubbles adhering to liquid contact surface 60a of an optical element 60 are removable. In this case, outlet 183A of the nozzle section 183 is arranged to the 1st immersion field LA1 interior, and is turned to the optical element 60. Moreover, it reflects by the liquid contact surface 60a, and the jet applied to liquid contact surface 60a of an optical element 60 generates downward flow (jet) in the 1st immersion field LA1 interior. Since the flow of the downward liquid LQ hits top-face 75A (slit section 71) of the slit plate 75, it can also remove the air bubbles adhering to the slit plate 75 (slit section 71) to coincidence.

[0079]

In addition, the jet applied to the slit plate 75 may generate upward flow (jet), and the upward flow may be applied to liquid contact surface 60a of the optical element 60 of projection optics PL, and you may set up so that the air bubbles adhering to liquid contact surface 60a may be removed.

[0080]

Moreover, the drive which is not illustrated [ which drives the nozzle section 183 in the direction of thetaY ] is formed, and you may make it rotate the nozzle section 183, as the arrow head ry of drawing 8 shows at the time of cellular removal actuation. By carrying out like this, the jet generated with the liquid which blew off from outlet 183A of the nozzle section 183 can be directly applied to the both sides of liquid contact surface 60a of an optical element 60, and top-face 75A of the slit plate 75, and the air bubbles adhering to each of liquid contact surface 60a and top-face 75A can be removed certainly.

[0081]

You may make it form the nozzle section 183 of jet generation equipment 180 in the image surface side edge section of projection optics PL, as shown in drawing 9 . In this operation gestalt, the nozzle section 183 is attached in the lens cel 62 holding the optical element 60 by the side of the image surface of projection optics PL, and applies a jet to the slit section 71 of the slit plate 75. Moreover, you may make it apply a jet from the nozzle section 183 to the slit plate 75 during cellular removal actuation, moving in the direction of XY flat surface on the substrate stage PST (X-Y stage 53).

[0082]

Moreover, in case immersion exposure of the substrate P is carried out by having formed the nozzle section 183 of jet generation equipment 180 in the image surface side edge section of projection optics PL, after making projection optics PL and Substrate P counter and forming the immersion field AR 2, before starting exposure actuation, a jet can be applied from the nozzle section 183 to Substrate P. Thereby, the air bubbles adhering to a substrate P front face are removable. And after removing the air bubbles adhering to a substrate P front face, inconvenient generating of degradation of the pattern image which originates in air bubbles and is formed on Substrate P etc. can be prevented by starting immersion exposure actuation. Thus, the nozzle section 183 can also remove the air bubbles adhering to Substrate P while being able to remove the air bubbles adhering to the slit plate 75.

[0083]

Drawing 10 is drawing showing another operation gestalt of a cellular stripper. In drawing 10 , the ultrasonic generation equipment 190 which impresses a supersonic wave to the liquid LQ of the 1st immersion field LA 1 is formed near the slit plate 75. Ultrasonic generation equipment 190 is equipped with the ultrasonic generating section 192 which is arranged to the 1st immersion field LA1 interior, and generates a supersonic wave, and the supporter 191 which supports the ultrasonic generating section 192. The supporter 191 is supported on Z tilt stage 52. The supersonic wave generated in the ultrasonic generating section 192 hits top-face 75A of the slit plate 75 through the liquid LQ of the 1st immersion field LA 1. At this time, excitation of the liquid LQ of the 1st immersion field LA 1 is carried out by the supersonic wave. With this operation gestalt, the supersonic wave generated in the ultrasonic generating section 192 hits the field which contains the slit section 71 among top-face 75A of the slit plate 75. The supersonic wave generated in the ultrasonic generating section 192 excites the slit plate 75 by exciting the liquid LQ of the 1st immersion field LA 1, and removes the air bubbles adhering to top-face 75A of the slit plate 75.

[0084]

You may make it ultrasonic generation equipment 190 apply the generated supersonic wave to liquid contact surface 60a of the optical element 60 of the point of projection optics PL through Liquid LQ, as shown in drawing 11 . By carrying out like this, the air bubbles adhering to liquid contact surface 60a of an optical element 60 are removable. Also in this case, the ultrasonic generating section 192 is arranged to the 1st immersion field LA1 interior. Moreover, the supersonic wave applied to liquid contact surface 60a of an optical element 60 is reflected by liquid contact surface 60a, and the reflected wave hits top-face 75A (slit section 71) of the slit plate 75. Therefore, the air bubbles adhering to each of an optical element 60 and the

slit plate 75 (slit section 71) are removable to coincidence.

[0085]

In addition, you may set up so that the reflected wave of the supersonic wave which hit against the slit plate 75 may hit liquid contact surface 60a of an optical element 60.

[0086]

moreover, you may make it impress a supersonic wave, forming a movable drive and moving the ultrasonic generating section 192 to the slit plate 75 or an optical element 60, the drive which drives the ultrasonic generating section 192 in the direction of  $\theta_Y$  is formed, and the thing of liquid contact surface 60a of an optical element 60 and top-face 75A of the slit plate 75 for which it is alike, respectively (to for example, alternation), and a supersonic wave is impressed is also possible.

[0087]

As shown in drawing 12, the ultrasonic generating section 192 which generates a supersonic wave may be attached on the slit plate 75. In this case, the ultrasonic generating section 192 is formed in fields other than slit section 71, and the inside field of the 1st immersion field LA 1 among top-face 75A of the slit plate 75. And the ultrasonic generating section 192 prepared on the slit plate 75 applies a supersonic wave to liquid contact surface 60a of the optical element 60 of the point of projection optics PL through Liquid LQ. The reflected wave of the supersonic wave applied to liquid contact surface 60a of an optical element 60 removes the air bubbles which hit the slit plate 75 (slit section 71), and have adhered to each of an optical element 60 and the slit plate 75.

[0088]

In addition, it is also possible to attach the ultrasonic generating section 192 of ultrasonic generation equipment 190 in the lens cel 62 of the image surface side edge section of projection optics PL. Moreover, in case the ultrasonic generating section 192 attached in the image surface side edge section of projection optics PL carries out immersion exposure of the substrate P, it can remove the air bubbles adhering to Substrate P. That is, in order to carry out immersion exposure of the substrate P, after making projection optics PL and Substrate P counter like \*\*\*\*, the air bubbles adhering to Substrate P are removable by filling Liquid LQ between projection optics PL and Substrate P, forming the immersion field AR 2 in it, and applying a supersonic wave to Substrate P through the liquid LQ of the immersion field AR 2 before immersion exposure actuation from the ultrasonic generating section 192. And after removing the air bubbles adhering to Substrate P, inconvenient generating that the pattern image which originates in existence of air bubbles and is formed in Substrate P deteriorates etc. can be prevented by performing immersion exposure actuation.

[0089]

Moreover, it is also possible to attach in the slit plate 75 the nozzle section 183 which constitutes the jet generation equipment explained with reference to drawing 9. Furthermore, of course, it is also possible to perform cellular removal actuation, combining suitably the jet generation equipment 180 and the ultrasonic generation equipment 190 which were mentioned above.

[0090]

It is also possible to remove the air bubbles adhering to the slit plate 75 by exciting the slit plate 75. For example, the excitation equipment 250 which can excite this slit plate 75 is formed in the rear face (inferior surface of tongue) of the slit plate 75, and you may make it excite the slit plate 75 with excitation equipment 250 in the case of cellular removal actuation, as shown in drawing 13. As excitation equipment 250, it is possible to use a piezoelectric device (piezo-electric element). excitation equipment 250 may be a configuration prepared in one slit plate 75, and the thing of two or more predetermined locations of the rear face of slit plates 75 other than slit section 71 which it is alike, respectively and is established is also possible. Removal of adhering air bubbles is promoted by exciting the slit plate 75. The air bubbles removed from the slit plate 75 float the inside of the liquid LQ of the 1st immersion field LA 1, and are recovered by the liquid recovery device 20.

[0091]

Moreover, actuators, such as a piezo-electric element and a voice coil motor, are built in the linkage 61 which connects Lens-barrel PK and the lens cel 62, and you may make it excite the optical element 60 which drives the actuator and is held at the lens cel 62 and its lens cel 62. By carrying out like this, the air bubbles adhering to liquid contact surface 60a of an optical element 60 are removable. In addition, even if vibration which generates Substrate P with migration of the substrate stage PST by forming an actuator in a linkage 61 during immersion exposure gets across to the optical element 60 of projection optics PL through the liquid LQ of the immersion field AR 2, it is also possible to carry out active vibration removal of the

vibration with said actuator. Therefore, when projection optics PL vibrates, inconvenient generating that the image of the pattern formed in Substrate P deteriorates can be prevented.

[0092]

Moreover, after forming excitation equipment in substrate holder 51 grade and forming the immersion field AR 2 of Liquid LQ between projection optics PL and Substrate P, before starting immersion exposure actuation, Substrate P is excited by exciting the substrate holder 51 with said excitation equipment, and you may make it remove the air bubbles adhering to a substrate P front face.

[0093]

Moreover, of course, it is possible to perform cellular removal, combining suitably the excitation actuation by the excitation equipment mentioned above, ultrasonic impression actuation, and jet generation actuation.

[0094]

By the way, top-face 75A of the slit plate 75 is made lyophilic, and you may make it air bubbles unable to adhere to the top-face 75A easily. Since air bubbles cannot adhere to top-face 75A easily even if air bubbles exist in Liquid LQ by carrying out like this, inconvenient generating of aggravation of the light-receiving condition of an electric eye 90 etc. for example resulting from adhesion of air bubbles can be prevented. Moreover, since air bubbles cannot adhere to top-face 75A of the slit plate 75 easily, even when air bubbles adhere temporarily, cellular removal processing can be performed smoothly.

[0095]

Ultraviolet radiation exposure processing is mentioned as lyophilic-ized processing which makes lyophilic top-face 75A of the slit plate 75. As lyophilic-ized processing, as shown in drawing 14, it is possible to carry out with ultraviolet radiation irradiation equipment 300. Before ultraviolet radiation irradiation equipment 300 forms the 1st immersion field LA 1 on the slit plate 75, it irradiates ultraviolet radiation to the slit plate 75 (before the space image measurement actuation by the space image metering device 70), and makes lyophilic top-face 75A of this slit plate 75. In case ultraviolet radiation exposure processing is performed, after a control device CONT drives the substrate stage PST and makes ultraviolet radiation irradiation equipment 300 and the slit plate 75 counter, it injects ultraviolet radiation from ultraviolet radiation irradiation equipment 300.

[0096]

Moreover, when top-face 75A of the slit plate 75 is made lyophilic by ultraviolet radiation exposure processing, lyophilic [ the ] may deteriorate with time. Then, a control unit CONT is good to be made to perform ultraviolet radiation exposure processing to the slit plate 75 periodically using ultraviolet radiation irradiation equipment 300. As timing which performs ultraviolet radiation exposure processing, it is possible to carry out for before [ every ] space image measurement actuation, every predetermined time interval, and every predetermined number substrate processing, for example.

[0097]

After lyophilic-ization-processing the slit plate 75 at the time of manufacture of Aligner EX, you may make it attach the slit plate 75 in Aligner EX (heights 83 on the substrate stage PST) with this operation gestalt, although ultraviolet radiation irradiation equipment 300 is arranged in the location on a par with projection optics PL and has the composition that ultraviolet radiation exposure processing can be periodically performed to the slit plate 75. Moreover, O<sub>2</sub> plasma treatment using the predetermined gas which contains oxygen, for example as raw gas depending on the formation ingredient of the top face of the slit plate 75 can also give lyophilic to the slit plate 75. On the other hand, since the pollutant of an organic substance system may adhere to the slit plate 75 with time, such a pollutant is removable by performing ultraviolet radiation exposure processing periodically to the slit plate 75 (optical washing).

[0098]

Moreover, you may make it irradiate ultraviolet radiation as ultraviolet radiation exposure processing to the slit plate 75 at the slit plate 75 using the light source 1 for exposure, when the light source 1 for exposure is the light source which injects ultraviolet radiation instead of using the ultraviolet radiation irradiation equipment 300 of dedication. In case ultraviolet radiation is irradiated at the slit plate 75 using the light source 1 for exposure, a control device CONT drives the substrate stage PST, and drives the light source 1 for exposure in the condition of having made projection optics PL and the slit plate 75 countering. At this time, Liquid LQ is not filled between projection optics PL and the slit plate 75. The ultraviolet radiation injected from the light source 1 for exposure is irradiated by the slit plate 75 through the illumination-light study system IL and projection optics PL.

[0099]

In addition, although here explained the example which irradiates ultraviolet radiation to the slit plate 75,

you may make it irradiate ultraviolet radiation, of course to liquid contact surface 60a of the optical element 60 of the point of projection optics PL. By carrying out like this, liquid contact surface 60a of an optical element 60 can be made lyophilic, and it can avoid un-arranging [ for which air bubbles adhere to the liquid contact surface 60a ]. When irradiating ultraviolet radiation at liquid contact surface 60a of an optical element 60, the injection section which injects ultraviolet radiation is prepared in the predetermined location of the top face of for example, the substrate stage PST (Z tilt stage 52), and you may make it irradiate the ultraviolet radiation injected from the injection section from the lower part of an optical element 60. Moreover, as an installation location of the ultraviolet radiation injection section which irradiates ultraviolet radiation, it is not restricted to an optical element 60 on the substrate stage PST (Z tilt stage 52) top face, for example, prepares possible [ an attitude ] to an optical element 60 with the drive whose ultraviolet radiation injection section is not illustrated, and the ultraviolet radiation injection section accesses under the optical element 60 to predetermined timing, and you may make it irradiate ultraviolet radiation at liquid contact surface 60a of the optical element 60. Or after performing lyophilic-ized processing to an optical element 60 at the time of manufacture of Aligner EX, you may make it attach this optical element 60.

[0100]

In addition, the coating processing which coats the lyophilic ingredient which has lyophilic [ other than ultraviolet radiation exposure processing ] as an approach of lyophilic--ization-processing top-face 75A of the slit plate 75 is mentioned. Or you may make it form slit plate 75 the very thing with the ingredient which has lyophilic. As a lyophilic ingredient which has lyophilic (hydrophilic property), matter of the polar large molecular structure, such as alcohol, etc. is mentioned, for example. Here, as a lyophilic ingredient for lyophilic-ized processing, an undissolved ingredient is used to Liquid LQ. Moreover, lyophilic-ized processing is suitably changed in the processing condition according to the material property of the liquid L to be used.

[0101]

When lyophilic--ization-processing top-face 75A of the slit plate 75 by ultraviolet radiation exposure processing or lyophilic ingredient coating processing, it may be made to carry out patterning of the top-face 75A whole region in a lyophilic-ized field and a liquid repelling field, without lyophilic--ization-processing. When carrying out patterning, it is desirable to make into the lyophilic-ized field AS the field which contains the slit section 71 among top-face 75A of the slit plate 75, as shown in the mimetic diagram shown in drawing 15 , and to make the field surrounding the perimeter into the liquid repelling field AH. Since air bubbles stop being able to adhere to the field AS which contains the slit section 71 by carrying out like this easily, inconvenient generating in which air bubbles adhere to the slit section 71 is avoidable. The field AH which establishes the lyophilic-ized field AS in the almost same magnitude to the 1st immersion field LA 1 locally formed in some fields of top-face 75A of the slit plate 75, and surrounds the perimeter by and the thing to carry out to liquid repellance Since the liquid LQ of the 1st immersion field LA 1 is crawled by the liquid repelling field AH and stops being able to flow into the outside of the slit plate 75 easily, it can control the effect on the edge strip accompanying the outflow of Liquid LQ, scattering, etc.

[0102]

By the way, the air bubbles which exist in the liquid LQ of the 1st immersion field LA 1 filled between projection optics PL and the slit plate 75 are detectable using the mask alignment system 47 which determines the physical relationship of Mask M and Substrate P which were shown in drawing 1 , and which are arranged at the body side side of projection optics PL. The mask alignment system 47 detects the air bubbles of top-face 75A of the slit plate 75, and the liquid contact surface 60a of the optical element 60 of projection optics PL which adhered to either at least through projection optics PL.

[0103]

Drawing 16 is the mimetic diagram showing the condition of having detected the air bubbles with which the mask alignment system 47 has adhered to top-face 75A of the slit plate 75. In the case of cellular detection actuation, Liquid LQ is filled between the optical element 60 of the point of projection optics PL, and the slit plate 75. In case the air bubbles adhering to the slit plate 75 are detected, a control device CONT drives the substrate stage PST, and carries out abbreviation coincidence of the image surface location through the liquid LQ of projection optics PL, and the location (Z location) of top-face 75A of the slit plate 75. Distance of liquid contact surface 60a of the optical element 60 of the projection optics PL at this time and top-face 75A of the slit plate 75 is set to H. In this condition, the mask alignment system 47 irradiates detection light at the slit plate 75 through incident light mirror 47A, projection optics PL, and Liquid LQ. Incidence of the reflected light of the detection light irradiated by the slit plate 75 is carried out to the mask alignment system 47 through Liquid LQ and projection optics PL. Since top-face 75A of the slit plate 75 has agreed with the

image surface of projection optics PL, the mask alignment system 47 can carry out the image processing of the reflected light from the slit plate 75, and can detect whether air bubbles have adhered to the slit plate 75. [0104]

Moreover, the positional information of the air bubbles adhering to the slit plate 75 is detectable by detecting air bubbles, moving in the XY direction on the substrate stage PST (slit plate 75), measuring the positional information of the substrate stage PST (slit plate 75) with a laser interferometer 44. [0105]

Drawing 17 is the mimetic diagram showing the condition of having detected the air bubbles with which the mask alignment system 47 has adhered to liquid contact surface 60a of the optical element 60 of projection optics PL. In the case of cellular detection actuation, Liquid LQ is filled between the optical element 60 of the point of projection optics PL, and the slit plate 75. In case the air bubbles adhering to an optical element 60 are detected, a control device CONT drives the substrate stage PST, makes the reflective film 73 counter among the optical element 60 of projection optics PL, and the slit plate 75, and sets the distance of liquid contact surface 60a of the optical element 60 of projection optics PL, and top-face 75A of the slit plate 75 as  $H/2$ . With the optical path length until it passes the projection optics PL of the detection light injected from the mask alignment system 47 in drawing 17 by carrying out like this, it reflects by the reflective film 73 and it reaches liquid contact surface 60a of an optical element 60. The optical path length until it passes the projection optics PL of the detection light injected from the mask alignment system 47 in the condition which showed in drawing 16 and reaches top-face 75A of the slit plate 75 will be in agreement. Namely, in the condition which showed in drawing 17, liquid contact surface 60a of an optical element 60 is in the condition of having agreed with the image surface location formed through projection optics PL and Liquid LQ. In this condition, the mask alignment system 47 irradiates detection light at liquid contact surface 60a of an optical element 60 through the reflective film 73 of incident light mirror 47A, projection optics PL, Liquid LQ, and the slit plate 75. Incidence of the reflected light of the detection light irradiated by liquid contact surface 60a is carried out to the mask alignment system 47 through Liquid LQ, the reflective film 73, and projection optics PL. Since liquid contact surface 60a of an optical element 60 has agreed with the image surface of projection optics PL, the mask alignment system 47 can carry out the image processing of the reflected light from liquid contact surface 60a of an optical element 60, and can detect whether air bubbles have adhered to the optical element 60.

[0106]

The detection result of the mask alignment system 47 is outputted to a control unit CONT. A control unit CONT controls the cellular stripper of jet generation equipment 180, ultrasonic generation equipment 190, or excitation equipment 250 grade based on the detection result of the mask alignment system 47. That is, when air bubbles are detected by the mask alignment system 47, cellular removal actuation is performed using the above-mentioned cellular stripper, and on the other hand, when air bubbles are not detected, cellular removal actuation is not performed. By carrying out like this, although air bubbles have not adhered, performing cellular removal actuation is lost, and activation of useless processing can be excluded.

[0107]

Moreover, since the positional information to which air bubbles have adhered is also detectable according to the cellular detection approach which gave [ above-mentioned ] explanation, a jet or a supersonic wave can be intensively applied to the location where the air bubbles have adhered, and air bubbles can be removed efficiently.

[0108]

furthermore, when there are many amounts of the air bubbles which can also detect the amount (number) of adhering air bubbles and which have sake [ air bubbles ] for example, adhered according to the cellular detection approach which gave [ above-mentioned ] explanation Long duration air-bubbles removal actuation is performed comparatively, and when there are few amounts of adhering air bubbles, you may make it, set up the cellular removal actuation execution time on the other hand, based on a cellular detection result, as it said that short-time air-bubbles removal actuation was performed comparatively.

[0109]

In addition, of course, cellular detection actuation can also be performed after cellular removal actuation. By performing cellular detection actuation after cellular removal actuation, it can be checked whether air bubbles have been removed in cellular removal actuation. And what is necessary is just to perform cellular removal actuation again, when having adhered without the ability removing air bubbles.

[0110]

Hereafter, an example of space image measurement actuation using the space image metering device 70 is



explained. As mentioned above, drawing 5 is drawing showing the condition of measuring the space image. The thing in which the measurement mark of dedication was formed etc. is used for the mask for device manufacture used for the thing only for space image measurement, or manufacture of a device as a mask M at the time of space image measurement. Moreover, the mark plate (fiducial mark plate) of the immobilization which consists of a mask and a glass ingredient of this quality of the material may be formed in a mask stage MST instead of these masks, and what formed the measurement mark in this mark plate may be used.

[0111]

The mark PMx for measurement the ratio (duty ratio) of the width of face of the Rhine section which has periodicity, and the width of face of the tooth-space section becomes [ mark ] X shaft orientations from Rhine of 1:1 and a tooth-space (last shipment) mark at a position, and the measurement mark PMy the duty ratio which has periodicity becomes [ mark ] Y shaft orientations from the last shipment mark of 1:1 approach mutually, and is formed in Mask M. These measurement marks PMx and PMy consist of a Rhine pattern of the same line breadth. Moreover, as shown in the slit plate 75 which constitutes the space image metering device 70 at drawing 18 (a), slit section 71y of predetermined width-of-face 2D prolonged in slit section 71x and X shaft orientations of predetermined width-of-face 2D prolonged in Y shaft orientations is formed by position relation as shown in drawing 18 (a). Thus, although two or more slit sections 71x and 71y etc. are formed in the slit plate 75 in fact, on behalf of these slit section, it is illustrated by drawing 1 - drawing 17 as the slit section 71.

[0112]

For example, movable mask blind 7B shown in drawing 1 by the control device CONT is driven through a non-illustrated blind driving gear in measurement of the space image of the measurement mark PMx, and it is restricted to the predetermined field to which the lighting field of the exposure light EL contains a measurement mark PMx part. If luminescence of the light source 1 is started by the control unit CONT and the exposure light EL is irradiated by the measurement mark PMx in this condition, the light (exposure light EL) diffracted and scattered about by the measurement mark PMx will be refracted according to projection optics PL, and the space image (projection image) of the measurement mark PMx will be formed in the image surface of projection optics PL. At this time, the substrate stage PST shall be established in the location where space image PMx' of the measurement mark PMx is formed in the +X side (or the -X side) of slit section 71x on the slit plate 75, as shown in drawing 18 (a).

[0113]

And as the substrate stage PST is shown by the arrow head Fx in drawing 18 (a) with the basis of directions of a control device CONT, and the substrate stage driving gear PSTD, when it drives in the direction of +X, slit section 71x are scanned by X shaft orientations to space image PMx'. During this scan, the light (exposure light EL) which passes slit section 71x is received with a photosensor 82 through the mirror 80 and the light-receiving lens 81 of the light-receiving optical system in the substrate stage PST (Z tilt stage 52), and the substrate stage PST exterior, and that photo-electric-conversion signal is supplied at a signal processor. In a signal processor, predetermined processing is performed to the photo-electric-conversion signal, and the signal on the strength [ optical ] corresponding to space image PMx' is supplied to a control unit CONT. In addition, in order to suppress the effect by dispersion in the luminescence reinforcement of the exposure light EL from the light source 1 with a signal processor in this case, the signal which standardized the signal from a photosensor 82 with the signal of the integrator sensor 33 shown in drawing 1 is supplied to a control unit CONT. An example of the photo-electric-conversion signal (signal on the strength [ optical ]) acquired in the case of the above-mentioned space image measurement is shown in drawing 18 (b).

[0114]

When measuring the space image of the measurement mark PMy, the photo-electric-conversion signal (signal on the strength [ optical ]) corresponding to the space image of the measurement mark PMy can be acquired by establishing the substrate stage PST in the location where the space image of the measurement mark PMy is formed in the +Y side (or the -Y side) of slit section 71y on the slit plate 75, and performing measurement by the same slit scan method as the above.

[0115]

The measurement for acquiring image formation property coordinating information etc. is faced. First, driving every one optical elements 64a and 64b of projection optics PL in the case of initial adjustment. Moreover, changing every one pressure of the 1st and 2nd sealing rooms 65A and 65B the focus of projection optics PL, and other predetermined image formation properties (for example, a curvature of field



--) As either of many aberration, such as a scale factor, distortion, comatic aberration, and spherical aberration, is mentioned later, it is measured using the space image metering device 70, and the image formation property variation in optical elements 64a and 64b and the 1st and 2nd sealing rooms 65A and 65B is calculated.

[0116]

Hereafter, the detection approach of the best focus location (image surface location) of projection optics PL is explained. In this case, a usual diaphragm of the illumination system aperture-diaphragm plate 4 shall be chosen as a prerequisite, and lighting conditions shall usually be set up as lighting conditions. The mask M which had the measurement mark PMx (or PMy) which consists of line breadth of 1 micrometer and a last shipment pattern of 50% of duty ratio formed is used for detection of a best focus location. First, Mask M is loaded to a mask stage MST by non-illustrated loader equipment. Next, a control unit CONT moves through the mask stage driving gear MST in a mask stage MST so that the measurement mark PMx on Mask M may be mostly in agreement on the optical axis of projection optics PL. Next, a control unit CONT carries out drive control of the movable mask blind 7B, and specifies a lighting field so that the exposure light EL may be irradiated by only the measurement mark PMx part. In this condition, a control unit CONT irradiates the exposure light EL at Mask M, and it performs space image measurement of the measurement mark PMx with a slit scan method like the above-mentioned using the space image metering device 70, scanning the substrate stage PST to X shaft orientations. Under the present circumstances, a control device CONT memorizes a multiple-times repeat and the signal (photo-electric-conversion signal) of each time on the strength [ optical ] for space image measurement of the measurement mark PMx to Storage MRY, changing the location (namely, location of Z tilt stage 52) of Z shaft orientations of the slit plate 75 by the predetermined step pitch through the substrate stage driving gear PSTD. In addition, change of the location of Z shaft orientations of the above-mentioned slit plate 75 is performed by controlling Actuators 59A, 59B, and 59C based on the measurement value of the encoders 58A, 58B, and 58C of Z tilt stage 52. And a control unit CONT carries out the Fourier transform of two or more signals (photo-electric-conversion signal) on the strength [ optical ] acquired by said repeat, respectively, and searches for the contrast which is the gain of each primary frequency component and zero-order frequency component. And a control device CONT detects Z location (namely, location of Z shaft orientations of the slit plate 75) of Z tilt stage 52 corresponding to the signal on the strength [ optical ] with which that contrast serves as max, and determines this location as a best focus location of projection optics PL. Since contrast changes sensitively according to a focal location (the amount of defocusing), it can measure the best focus location of projection optics PL often [ precision ] and easily (decision). A control device CONT performs the focal calibration which is resetting (proofreading) of the detection zero (detection origin/datum) of the focal detection system 45 based on the best focus location for which it asked. Thereby, the predetermined side on the substrate stage PST (for example, a substrate P front face or slit plate 75 front face) can be henceforth positioned in a location [ \*\*\*\* ] optically with the datum level of Mask M by the focal detection system 45.

[0117]

In addition, although the amplitude of the frequency component of the secondary high order more than real number is generally small and the amplitude to an electric noise and an optical noise may fully be unable to be taken, in being satisfactory in respect of a S/N ratio (signal-noise ratio), even if it observes change of the gain of a high order frequency component, it can ask for a best focus location. In addition, detection of a best focus location is possible not only by the approach using the contrast mentioned above but the technique of detecting Z location (focal location) where the differential value of a signal on the strength [ optical ] serves as max.

[0118]

Moreover, although how (slit scan method) to make the slit section 71 (slit plate 75) scan in the predetermined direction within XY flat surface was explained when measuring the best focus location of projection optics PL here Form the space image of measurement marks, such as an isolated line mark, on the image surface of projection optics PL, and to this space image, the slit section 71 (slit plate 75) so that a relative scan may be carried out in the optical-axis AX direction (Z shaft orientations) The slit plate 75 (Z tilt stage 52) may be scanned in accordance with Z shaft orientations in the predetermined stroke range centering on a best focus location (scan). And it asks for a best focus location based on the signal on the strength [ optical ] at that time (peak value). In this case, it is desirable to use the measurement mark used as a dimension whose space image of a measurement mark corresponds with the configuration of the slit section 71 (71x or 71y) mostly on the image surface, and a configuration. If such space image measurement is performed, a signal on the strength [ optical ] as shown in drawing 19 can be acquired. In this case, by

finding the location of the peak of the signal wave form of this signal on the strength [ optical ] directly, it is good also considering Z location of that point as a best focus location Z0, or a signal on the strength [ optical ] is sliced with the predetermined slice level line SL, and it is good also considering Z location of the middle point of two intersections of a signal on the strength [ optical ] and the slice level line SL as a best focus location Z0. Anyway, by this approach, since a best focus location is detectable only by scanning the slit plate 75 once to Z shaft orientations, a throughput can be improved.

[0119]

Next, the detection approach of the image surface configuration (curvature of field) of projection optics PL is explained as an example of measurement actuation of an image formation property. On the occasion of detection of this curvature of field, the mask M1 which had the measurement marks PM1-PMn of the same dimension [ as said measurement mark PMx ] same period formed in pattern space PA as shown in drawing 20 as an example is used. After a mask M1 is loaded to a mask stage MST, a control unit CONT moves through the mask stage driving gear MSTD in a mask stage MST so that the measurement mark PMk which exists in the center of a mask M1 may be mostly in agreement on the optical axis of projection optics PL. That is, positioning to the reference point of a mask M1 is performed. When positioning to this reference point is performed, all the measurement marks PM1-PMn shall be located in the visual field of projection optics PL. Next, a control unit CONT carries out drive control of the movable mask blind 7B, and specifies a lighting field so that the exposure light EL may be irradiated by only measurement mark PM1 part. In this condition, a control unit CONT irradiates the exposure light EL at a mask M1, detects space image measurement of the measurement mark PM 1, and the best focus location of projection optics PL using the space image metering device 70 with a slit scan method like the above-mentioned, and memorizes that result to Storage MRY. After detection of the best focus location using the measurement mark PM 1 is completed, a control unit CONT carries out drive control of the movable mask blind 7B, and specifies a lighting field so that the exposure light EL may be irradiated by only measurement mark PM2 part. In this condition, a slit scan method detects space image measurement of the measurement mark PM 2, and the best focus location of projection optics PL like the above, and that result is memorized to Storage MRY. Henceforth, like the above, changing a lighting field, about the measurement marks PM3-PMn, it repeats detection of space image measurement and the best focus location of projection optics PL, and a control unit CONT performs it. And a control device CONT computes the curvature of field of projection optics PL by performing a predetermined statistical procedure based on each best focus locations Z1, Z2, --, Zn obtained by these.

[0120]

Moreover, in case the spherical aberration of projection optics PL is detected, the mask M2 shown in drawing 21 is used. The measurement marks PM1 and PM2 of the direction of a Y-axis in pattern space PA of the mask M2 shown in drawing 21 which is two predetermined distance \*\*\*\*\* mostly at X shaft orientations are formed in the center. The measurement mark PM 1 is the last shipment pattern of the same dimension [ as the measurement mark PMx mentioned above ] same period. Moreover, the measurement mark PM 2 is the last shipment pattern located in a line with X shaft orientations the period (for example, about 1.5 to 2 times of the period (mark pitch) of the measurement mark PM 1) from which the Rhine pattern of the same dimension as the measurement mark PMx differs. After loading a mask M2 to a mask stage MST, a control unit CONT moves through the mask stage driving gear MSTD in a mask stage MST so that the measurement mark PM 1 on a mask M2 may be mostly in agreement on the optical axis of projection optics PL. Next, a control unit CONT carries out drive control of the movable mask blind 7B, and specifies a lighting field so that the exposure light EL may be irradiated by only measurement mark PM1 part. In this condition, a control unit CONT irradiates the exposure light EL at a mask M2, like the above-mentioned, detects space image measurement of the measurement mark PM 1, and the best focus location of projection optics PL using the space image metering device 70 with a slit scan method, and memorizes that result to Storage MRY. After detection of the best focus location using the measurement mark PM 1 is completed, a control unit CONT carries out predetermined distance migration of the mask stage MST in the direction of -X through the mask stage driving gear MSTD so that the exposure light EL may be irradiated by the measurement mark PM 2. In this condition, like the above, a slit scan method detects space image measurement of the measurement mark PM 2, and the best focus location of projection optics PL, and that result is memorized to Storage MRY. Based on a difference with each best focus locations Z1 and Z2 obtained from these, a control unit CONT computes the spherical aberration of projection optics PL by the operation.

[0121]

Moreover, in case the scale factor and distortion of projection optics PL are detected, the mask M3 shown in

drawing 22 is used. A total of five measurement marks BM1-BM5 which consist of square marks of 120-micrometer angle (it is 30-micrometer angle in one 1/4 time the projection scale factor of this on the slit plate 75) are formed in the parts of the core of pattern space PA of the mask M3 shown in drawing 22, and four corners. After loading a mask M3 to a mask stage MST, a control unit CONT moves through the mask stage driving gear MSTD in a mask stage MST so that the core of the measurement mark BM 1 which exists in the center on a mask M3 may be mostly in agreement on the optical axis of projection optics PL. That is, positioning to the reference point of a mask M3 is performed. Where positioning to this reference point is performed, all the measurement marks BM1-BM5 shall be located in the visual field of projection optics PL. Next, a control unit CONT carries out drive control of the movable mask blind 7B, and specifies a lighting field so that only a somewhat larger rectangle field part than the measurement mark BM 1 whose exposure light EL includes the measurement mark BM 1 may irradiate. In this condition, a control unit CONT irradiates the exposure light EL at a mask M3. Thereby, the space image of the measurement mark BM 1, i.e., the mark image of the shape of a square of about 30-micrometer angle, is formed. In this condition, a control device CONT performs space image measurement of the measurement mark BM 1 using the space image metering device 70, scanning the substrate stage PST to X shaft orientations through the substrate stage driving gear PSTD, and memorizes the signal on the strength [ optical ] acquired by that measurement to Storage MRY. Next, a control unit CONT asks for the image formation location of the measurement mark BM 1 based on the acquired signal on the strength [ optical ] by the well-known technique of phase detection or the well-known technique of edge detection. While asking for the sum for a product, for example, one period, with the sine wave used as the same standard of frequency as the primary frequency component (it can be considered that this is a sine wave) and this which are obtained as the technique of phase detection here by, for example, carrying out the Fourier transform of the signal on the strength [ optical ], it asks for the sum for a product with the cosine wave used as the criteria of the same period as said primary frequency component and this, for example, one period. And the general method of searching for the phase contrast over the reference signal of a primary frequency component, and asking for the X location  $x_1$  of the measurement mark BM 1 based on this phase contrast can be used by asking for the inverse sine (arc tangent) of the quotient obtained by doing the division of the obtained sums. Moreover, the technique of edge detection using a slice method which computes the location of the edge of the space image corresponding to each photo-electric-conversion signal as the technique of edge detection based on the intersection of a signal on the strength [ optical ] and predetermined slice level, respectively can be used. Next, a control device CONT performs space image measurement of the measurement mark BM 1 using the space image metering device 70, scanning the substrate stage PST to Y shaft orientations, and memorizes the signal on the strength [ optical ] acquired by the measurement to Storage MRY. And it asks for the Y location  $y_1$  of the measurement mark BM 1 by technique, such as the same phase detection as the above. And a control unit CONT amends the location gap to the optical-axis core of a mask M3 based on the coordinate location ( $x_1$ ,  $y_1$ ) of the obtained measurement mark BM 1. After amendment of a location gap of the above-mentioned mask M3 is completed, a control unit CONT carries out drive control of the movable mask blind 7B, and specifies a lighting field so that only a somewhat larger rectangle field part than the measurement mark BM 2 whose exposure light EL includes the measurement mark BM 2 may irradiate. In this condition, like the above, a slit scan method performs space image measurement of the measurement mark BM 2, and measurement of XY location, and that result is memorized to Storage MRY. Henceforth, changing a lighting field, about the measurement marks BM3-BM5, it repeats measurement of a space image, and measurement of XY location, and a control unit CONT performs them. Based on the coordinate value ( $x_2$ ,  $y_2$ ) of the measurement marks BM2-BM5 obtained by this, ( $x_3$ ,  $y_3$ ), ( $x_4$ ,  $y_4$ ), and ( $x_5$ ,  $y_5$ ), a control device CONT computes at least the scale factor of projection optics PL, and one side of distortion by performing a predetermined operation.

[0122]

In the above, the procedure which measures the best focus location of projection optics PL, a curvature of field, spherical aberration, a scale factor, and distortion, using the space image metering device 70 as an example was explained. In addition, a predetermined measurement mark can be used and the space image metering device 70 can be measured also about other image formation properties, such as comatic aberration. In addition, the detail of space image measurement is indicated by JP,2002-14005,A. And before performing space image measurement actuation using these space image metering device 70, cellular removal actuation concerning this invention is performed. Moreover, the front stirrup which performs cellular removal actuation by the cellular stripper can detect behind whether air bubbles have adhered to the optical element 60 of the slit plate 75 or projection optics PL using the mask alignment system 47 which is

cellular detection equipment.

[0123]

Although each above-mentioned operation gestalt explained the example which applied the optical member (slit plate) 75 and the electric eye 90 to the space image metering device 70 which measures the image formation property of projection optics PL As shown in drawing 23 , on the substrate stage PST The exposure sensor (illuminance sensor) 160 which measures the optical exposure information through the projection optics PL other than the space image metering device 70 and which is indicated by JP,11-16816,A, for example, For example, illuminance nonuniformity sensor 170 grade which is indicated by JP,57-117238,A is also prepared. This invention is applicable also to these exposure sensor 160 or the illuminance nonuniformity sensor 170.

[0124]

Drawing 24 is the mimetic diagram of the exposure sensor 160. The exposure sensor 160 measures the exposure (illuminance) of the exposure light irradiated at the image surface side of projection optics PL, and is equipped with the superior lamella 163 formed on Z tilt stage 52, and the photosensor 164 which receives the light which passed the superior lamella 163. The superior lamella 163 is equipped with the glass plate member 162 and the amount adjustment film 161 of light transmission prepared in the top face of the glass plate member 162. The amount adjustment film 161 of light transmission is constituted by for example, the chromium film, has predetermined light transmittance, and is prepared throughout the top face of the glass plate member 162. By dimming the quantity of light which forms the amount adjustment film 161 of light transmission, and carries out incidence to a photosensor 164, it has prevented un-arranging [ which it is called the damage and saturation to the photosensor 164 resulting from the light of the superfluous quantity of light being irradiated ]. In addition, measurement actuation is performed to the predetermined timing when being exchanged, for example in Mask M by the exposure sensor 160.

[0125]

And in case the exposure of the exposure light EL which passed projection optics PL by the exposure sensor 160 is measured, while supplying Liquid LQ between projection optics PL and a superior lamella 163 in the condition mentioned above of having countered projection optics PL and a superior lamella 163 like the operation gestalt and forming the 1st immersion field LA 1, Liquid LQ is supplied between a superior lamella 163 and a photosensor 164, and the 2nd immersion field LA 2 is formed in it. And removal actuation of the air bubbles which have adhered on a superior lamella 163 by the cellular stripper is performed, the exposure light EL is irradiated after cellular removal actuation at a superior lamella 163 through the liquid LQ of projection optics PL and the 1st immersion field LA 1, and exposure measurement actuation is performed.

[0126]

Drawing 25 is the mimetic diagram of the illuminance nonuniformity sensor 170. The illuminance nonuniformity sensor 170 measures the illuminance (reinforcement) of the exposure light irradiated through projection optics PL at an image surface side in two or more locations, measures the illuminance nonuniformity (illuminance distribution) of the exposure light irradiated at the image surface side of projection optics PL, and is equipped with the superior lamella 174 formed on Z tilt stage 52, and the photosensor 175 which receive the light which passed the bottle hole section 171 prepared in the superior lamella 174. A superior lamella 174 forms the thin film 172 containing protection-from-light nature ingredients, such as chromium, in the front face of the glass plate member 173, carries out patterning of the thin film 172, and forms the pinhole section 171 in the center section.

[0127]

When measuring illumination distribution by the illuminance nonuniformity sensor 170, while filling between the projection optics PL and superior lamella 174 with the condition of having made projection optics PL and the superior lamella 174 of the illuminance nonuniformity sensor 170 countering, with Liquid LQ, between a superior lamella 174 and photosensors 175 is filled with Liquid LQ. And removal actuation of the air bubbles which have adhered on a superior lamella 174 by the cellular stripper is performed. Then, the exposure light EL is irradiated at a superior lamella 174 through the liquid LQ of projection optics PL and the 1st immersion field LA 1, and illuminance nonuniformity measurement actuation is performed. In illuminance nonuniformity measurement actuation, the pinhole section 171 is moved one by one in two or more locations in the exposure field (projection field) where the exposure light EL is irradiated.

[0128]

In addition, with an optical member, it is restricted to neither the above-mentioned slit plate nor a superior lamella, but has the light transmission section which light passes, and all the things that can hold Liquid LQ

by Hazama with projection optics PL are contained. Furthermore, this invention is applicable also to the sensor in which desorption is possible to the substrate stage PST (Z stage 51) which is indicated by JP,11-238680,A and JP,2000-97616,A.

[0129]

As mentioned above, the liquid LQ in this operation gestalt is constituted by pure water. Pure water has an advantage without the bad influence to a photoresist, an optical element (lens), etc. on Substrate P while being able to come to hand in large quantities easily by a semi-conductor plant etc. Moreover, since the content of an impurity is very low, pure water can also expect the operation which washes the front face of Substrate P, and the front face of an optical element established in the apical surface of projection optics PL, while not having a bad influence to an environment.

[0130]

And when the refractive index  $n$  of the pure water(water) to the exposure light EL whose wavelength is about 193nm is called about 1.44 and ArF excimer laser light (wavelength of 193nm) is used as the light source of the exposure light EL, on Substrate P, it is short-wavelength-ized by  $1/n$ , i.e., about 134nm, and high resolution is obtained. Furthermore, when what is necessary is just to be able to secure the depth of focus comparable as the case where it is used in air since the depth of focus is expanded [ be / it / under / air / comparing ] to about  $n$  times, i.e., about 1.44 times, it can make the numerical aperture of projection optics PL increase more, and its resolution improves also at this point.

[0131]

Although the optical element 60 is attached at the tip of projection optics PL with this operation gestalt, as an optical element attached at the tip of projection optics PL, you may be the optical plate used for the optical property of projection optics PL, for example, adjustment of aberration (spherical aberration, comatic aberration, etc.). Or you may be the plane-parallel plate which can penetrate the exposure light EL.

[0132]

In addition, what is necessary is just to use the liquid of fluorine systems, such as fault fluorine system oil [ which can penetrate F2 laser beam as a liquid LQ / for example, ], polyether, etc. fluoride (PFPE), in this case, since this F2 laser beam does not penetrate water when the light source of for example, the exposure light EL which may be liquids other than water is F2 laser although the liquid LQ of this operation gestalt is water. Moreover, if it considers as Liquid LQ, there is permeability over the exposure light EL, a refractive index is high as much as possible, and it is also possible to use a stable thing (for example, cedar oil) to the photoresist applied to projection optics PL and a substrate P front face.

[0133]

In each above-mentioned operation gestalt, especially the configuration of the nozzle mentioned above is not limited and may be made to perform supply or recovery of Liquid LQ with two pairs of nozzles about the long side of the projection field AR 1. In addition, in this case, in order to enable it to perform supply and recovery of Liquid LQ also from the which direction of the direction of +X, or the direction of -X, it may compare with a supply nozzle and a recovery nozzle up and down, and you may arrange.

[0134]

In addition, as a substrate P of each above-mentioned operation gestalt, not only the semi-conductor wafer for semiconductor device manufacture but the glass substrate for display devices, the mask used with the ceramic wafer for the thin film magnetic heads or an aligner or the original edition (synthetic quartz, silicon wafer) of a reticle, etc. is applied.

[0135]

Moreover, although the aligner which fills between projection optics PL and Substrates P with a liquid locally is adopted in an above-mentioned operation gestalt The immersion aligner to which the stage holding the substrate for [ which is indicated by JP,6-124873,A ] exposure is moved in a cistern, The liquid tub of the predetermined depth can be formed on a stage which is indicated by JP,10-303114,A, and this invention can be applied also to the immersion aligner which holds a substrate in it.

[0136]

It is applicable also to the projection aligner (stepper) of the step-and-repeat method which one-shot exposure of the pattern of Mask M is carried out [ method ] in the condition of having stood still Mask M and Substrate P other than the scanning aligner (scanning stepper) of step - which carries out the synchronized drive of Mask M and the substrate P, and carries out scan exposure of the pattern of Mask M as an aligner EX, and - scanning method, and carries out step migration of the substrate P one by one. Moreover, this invention can apply at least two patterns also to the aligner of step - imprinted in piles partially and - SUTITCHI method on Substrate P.

[0137]

Moreover, this invention is applicable also to the aligner of the twin stage mold which laid processed substrates, such as a wafer, separately and was equipped with two independently movable stages in the XY direction as indicated by JP,10-163099,A, JP,10-214783,A, the \*\* table No. 505958 [ 2000 to ] official report, etc.

[0138]

As a class of aligner EX, it is not restricted to the aligner for semiconductor device manufacture which exposes a semiconductor device pattern to Substrate P, but can apply to the aligner for manufacturing an aligner, the thin film magnetic head, an image sensor (CCD), a reticle or a mask for the object for liquid crystal display component manufacture, or display manufacture, etc. widely.

[0139]

When using a linear motor (USP5,623,853 or USP5,528,118 reference) for the substrate stage PST and a mask stage MST, it is desirable to use one of the magnetic levitation molds using the air surfacing mold using air bearing as a method and the Lorentz force, or the reactance force of surfacing those stages to a surface plate. Moreover, the type which moves along with a guide is sufficient as each stages PST and MST, and they may be guide loess types which do not prepare a guide.

[0140]

The flat-surface motor which the magnet unit which has arranged the magnet to two dimensions, and the armature unit which has arranged the coil to two dimensions are made to counter as a drive of each stages PST and MST, and drives each stages PST and MST according to electromagnetic force may be used. In this case, what is necessary is to connect either of a magnet unit and an armature unit to Stages PST and MST, and just to establish another side of a magnet unit and an armature unit in the migration side side of Stages PST and MST.

[0141]

The reaction force generated by migration of the substrate stage PST may be mechanically missed to the floor (earth) using a frame member as indicated by JP,8-166475,A (USP5,528,118), so that it may not get across to projection optics PL. The reaction force generated by migration of a mask stage MST may be mechanically missed to the floor (earth) using a frame member as indicated by JP,8-330224,A (US S/N 08/416,558), so that it may not get across to projection optics PL.

[0142]

the aligner EX of this operation gestalt -- this application -- it is manufactured by assembling the various subsystems containing each component mentioned to the claim so that a predetermined mechanical precision, electric precision, and optical precision may be maintained. In order to secure these various precision, before and after this assembly, adjustment for attaining electric precision is performed about the adjustment for attaining mechanical precision about the adjustment for attaining optical precision about various optical system, and various mechanical systems, and various electric systems. Like the assembler from various subsystems to an aligner, the mechanical connections between [ various ] subsystems, wiring connection of an electrical circuit, piping connection of an atmospheric-pressure circuit, etc. are included. It cannot be overemphasized that it is in the front like the assembler from these various subsystems to an aligner like the assembler of each subsystem each. If it ends like the assembler to the aligner of various subsystems, comprehensive adjustment will be performed and the various precision as the whole aligner will be secured. In addition, as for manufacture of an aligner, it is desirable to carry out in the clean room where temperature, an air cleanliness class, etc. were managed.

[0143]

As micro devices, such as a semiconductor device, are shown in drawing 26 With the aligner EX of step 201 which performs the function and engine-performance design of a micro device, step 202 which manufactures the mask (reticle) based on this design step, step 203 which manufactures the substrate which is the base material of a device, and the operation gestalt mentioned above It is manufactured through the substrate processing step 204 which exposes the pattern of a mask to a substrate, the device assembly step (a dicing process, a bonding process, and a package process are included) 205, and inspection step 206 grade.

[Brief Description of the Drawings]

[0144]

[Drawing 1] It is the outline block diagram showing 1 operation gestalt of the aligner of this invention.

[Drawing 2] It is the outline block diagram showing the liquid feeder style near the point and liquid recovery device of projection optics.

[Drawing 3] It is the top view showing physical relationship with the projection field of projection optics, a

liquid feeder style, and a liquid recovery device.

[Drawing 4] It is the outline block diagram showing 1 operation gestalt of an electric eye.

[Drawing 5] An electric eye is the mimetic diagram showing the condition of performing measurement actuation.

[Drawing 6] It is drawing showing 1 operation gestalt of the cellular stripper concerning this invention.

[Drawing 7] It is the top view of the optical member of drawing 6.

[Drawing 8] It is drawing showing another operation gestalt of the cellular stripper concerning this invention.

[Drawing 9] It is drawing showing another operation gestalt of the cellular stripper concerning this invention.

[Drawing 10] It is drawing showing another operation gestalt of the cellular stripper concerning this invention.

[Drawing 11] It is drawing showing another operation gestalt of the cellular stripper concerning this invention.

[Drawing 12] It is drawing showing another operation gestalt of the cellular stripper concerning this invention.

[Drawing 13] It is drawing showing another operation gestalt of the cellular stripper concerning this invention.

[Drawing 14] It is drawing for explaining the ultraviolet radiation exposure processing concerning this invention.

[Drawing 15] It is drawing for explaining the condition that patterning of the slit plate is carried out to the lyophilic-ized field and the liquid repelling field.

[Drawing 16] It is a mimetic diagram for explaining the cellular detection actuation by cellular detection equipment.

[Drawing 17] It is a mimetic diagram for explaining the cellular detection actuation by cellular detection equipment.

[Drawing 18] It is drawing showing an example of the light transmission section of an optical member.

[Drawing 19] It is drawing showing an example of the light-receiving signal which received light by the electric eye.

[Drawing 20] It is drawing showing an example of the mask used when measuring the image formation property of projection optics.

[Drawing 21] It is drawing showing an example of the mask used when measuring the image formation property of projection optics.

[Drawing 22] It is drawing showing an example of the mask used when measuring the image formation property of projection optics.

[Drawing 23] It is the top view showing the condition that two or more electric eyes are arranged on the substrate stage.

[Drawing 24] It is the important section enlarged drawing showing the optical member concerning this invention, and another operation gestalt of an electric eye.

[Drawing 25] It is the important section enlarged drawing showing the optical member concerning this invention, and another operation gestalt of an electric eye.

[Drawing 26] It is the flow chart Fig. showing an example of the production process of a semiconductor device.

[Description of Notations]

[0145]

10 [ -- Recovery nozzle, ] -- A liquid feeder style, 13 -- A supply nozzle, 20 -- A liquid recovery device, 23 47 [ -- A linkage (excitation equipment), 71 / -- Slit section (light transmission section), ] -- A mask alignment system (cellular detection equipment), 60 -- An optical element, 60a -- The liquid contact surface, 61

75 -- A slit plate (optical member), 75A -- A top face (liquid contact surface), 90 -- Electric eye,

163 -- A superior lamella (body), 174 -- Superior lamella (body),

180 -- Jet generation equipment (cellular stripper), 183 -- Nozzle section,

190 -- Ultrasonic generation equipment (cellular stripper), 250 -- Excitation equipment (cellular stripper),

300 [ -- Liquid repelling field, ] -- Ultraviolet radiation irradiation equipment, AR1 -- A projection field, AR2 -- An immersion field, AH

AS [ -- Aligner, ] -- A lyophilic-ized field, CONT -- A control unit, EL -- Exposure light, EX

LA [ -- Projection optics body, ]1 -- The 1st immersion field, LA2 -- The 2nd immersion field, LQ -- A liquid, MPL  
P -- A substrate (body), PL -- Projection optics, PST -- Substrate stage (substrate attachment component)

---

[Translation done.]



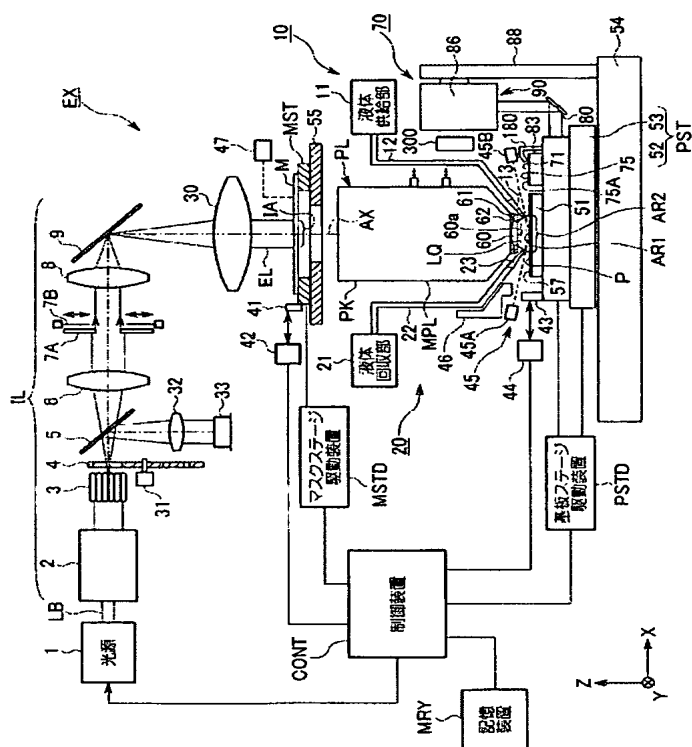
**\* NOTICES \***

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

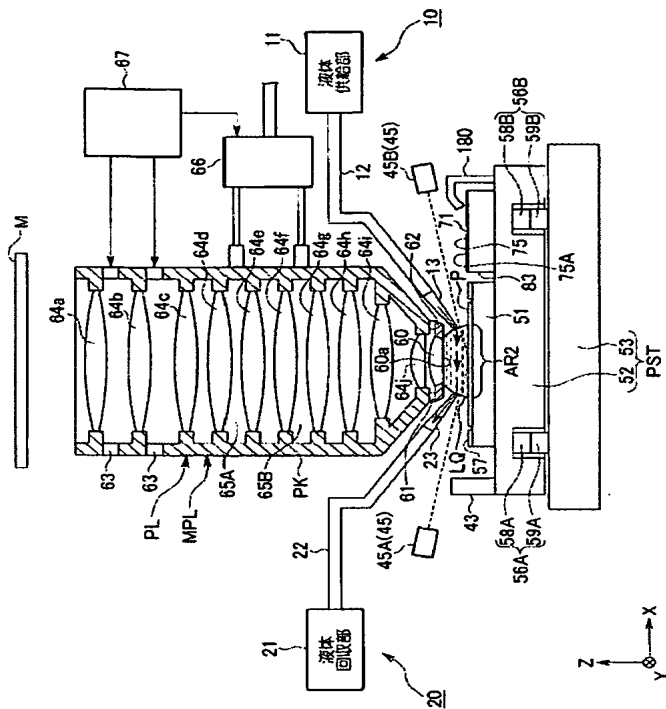
- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.  
2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.  
3.In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

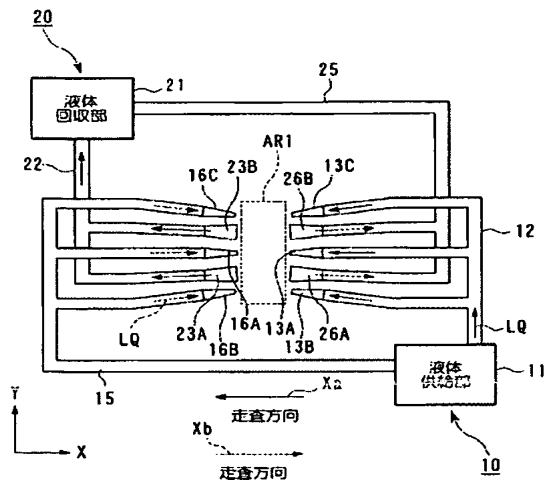
[Drawing\_1]



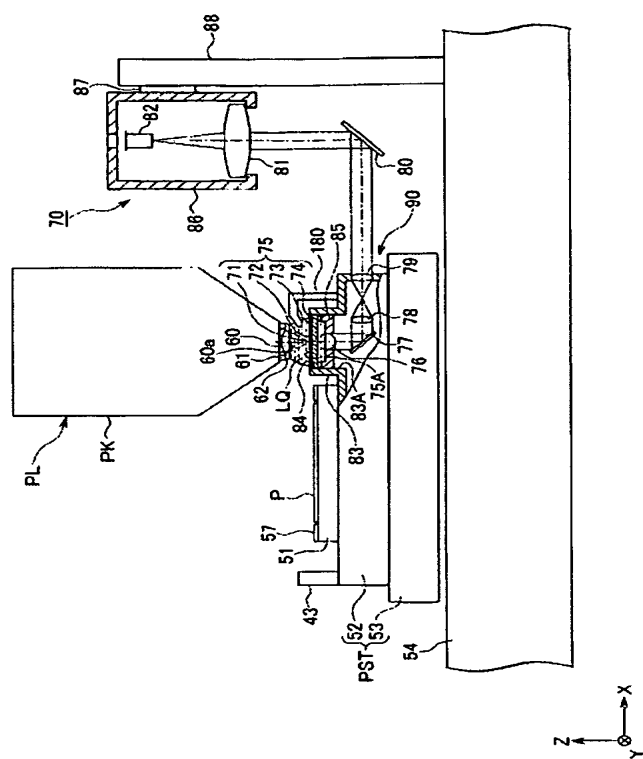
[Drawing 2]



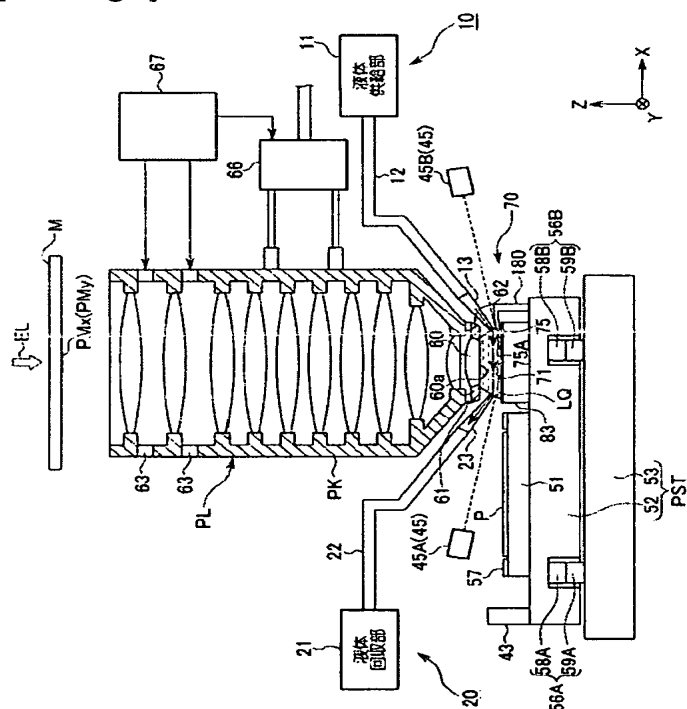
[Drawing 3]



[Drawing 4]

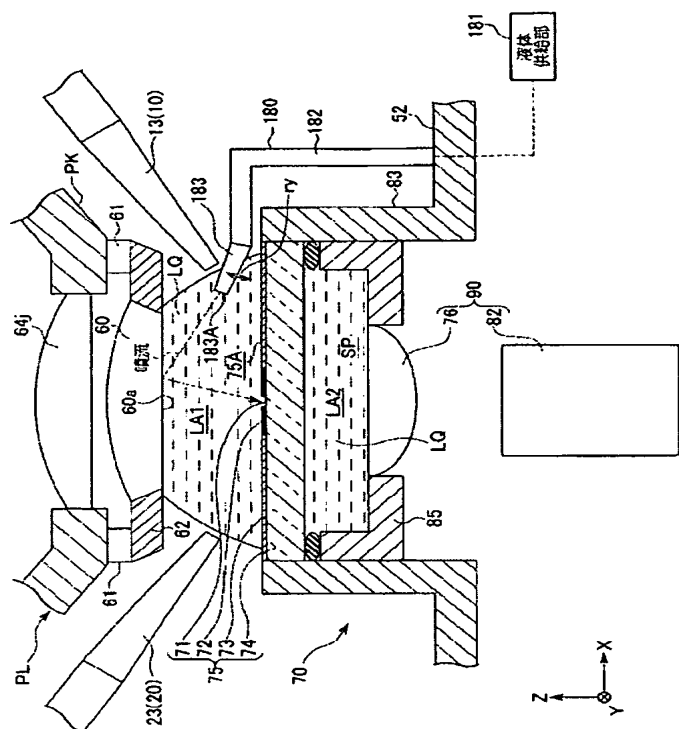


[Drawing 5]

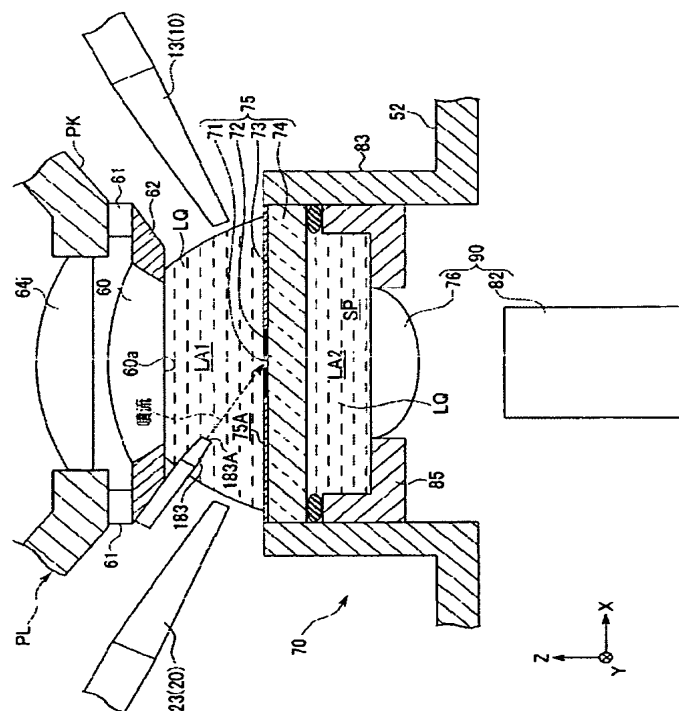


[Drawing 6]

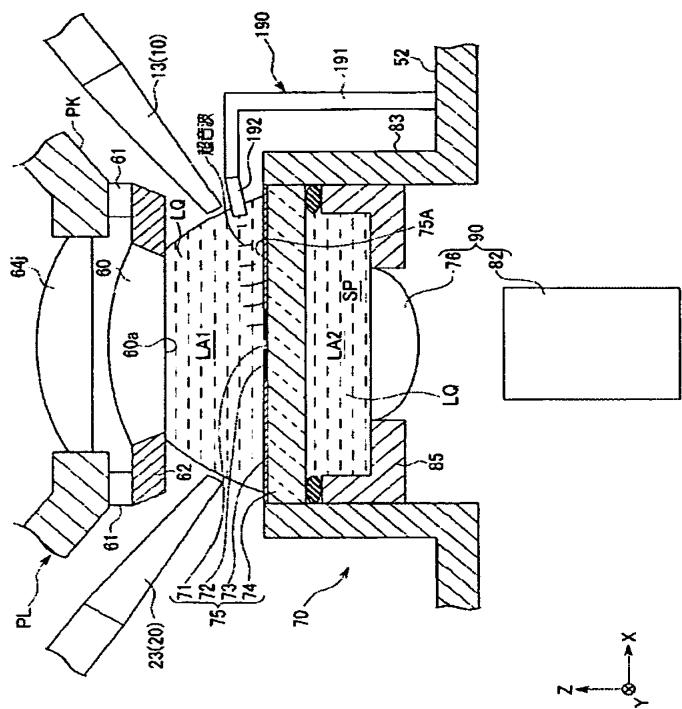




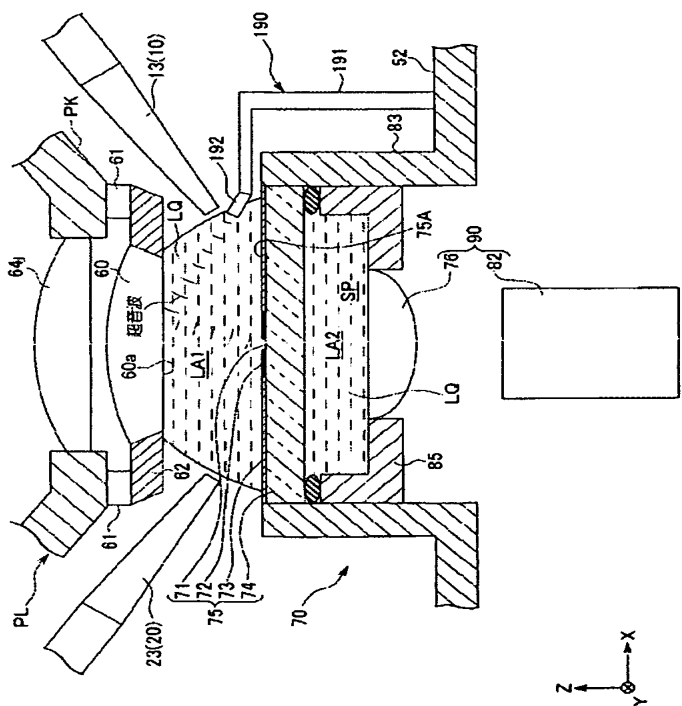
[Drawing 9]



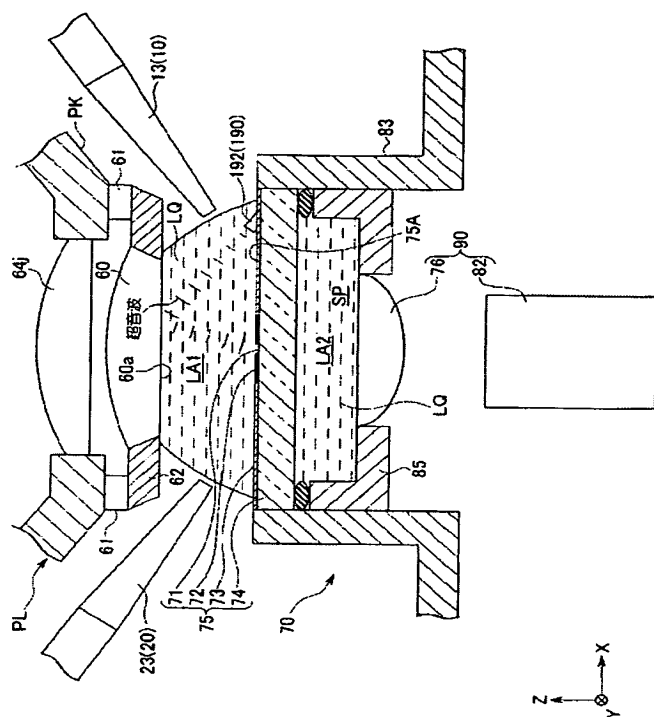
[Drawing 10]



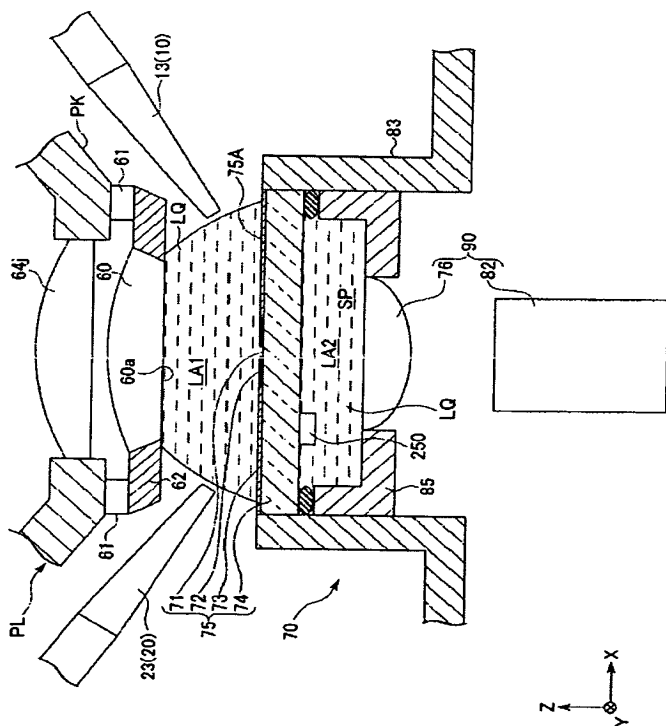
[Drawing 11]



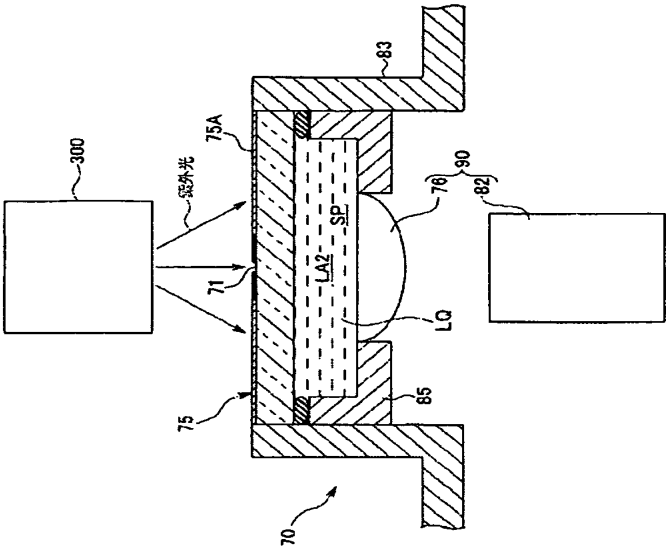
[Drawing 12]



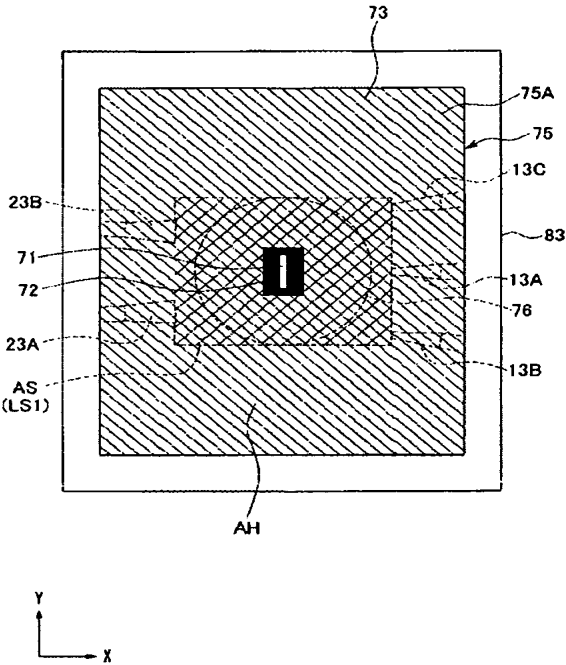
[Drawing 13]



[Drawing 14]

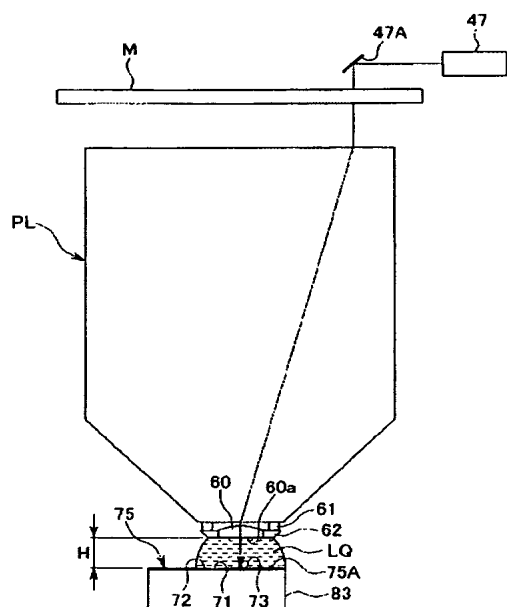


[Drawing 15]

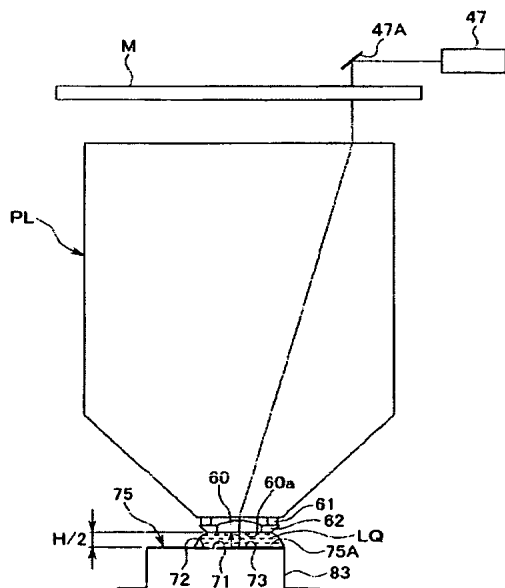


[Drawing 16]



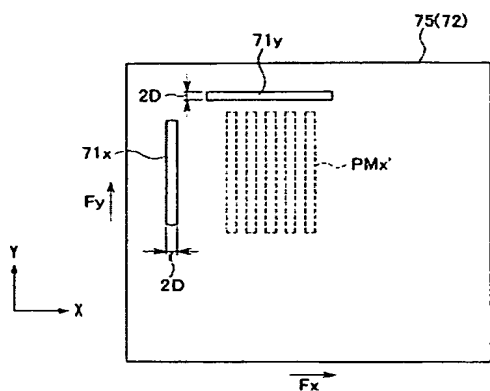


[Drawing 17]

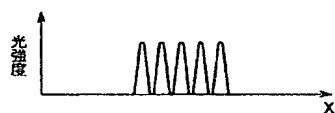


[Drawing 18]

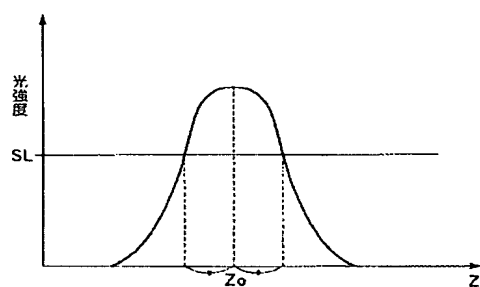
(a)



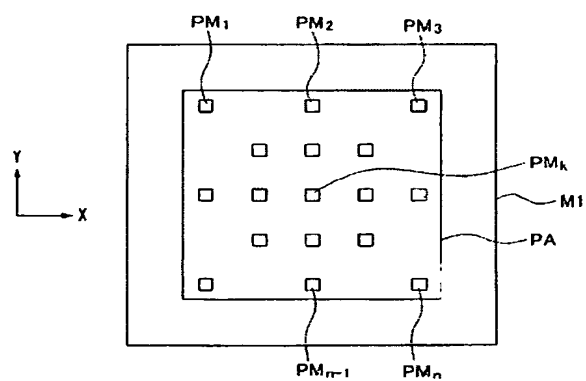
(b)



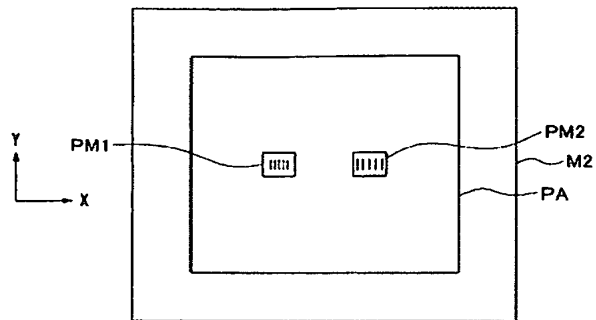
[Drawing 19]



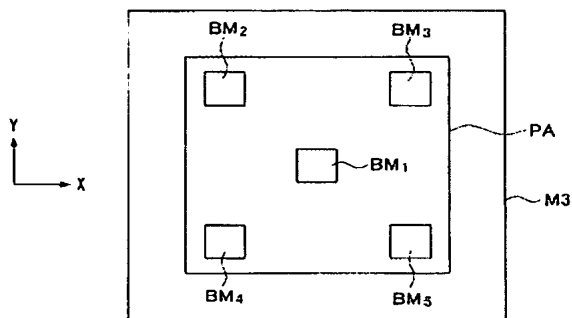
[Drawing 20]



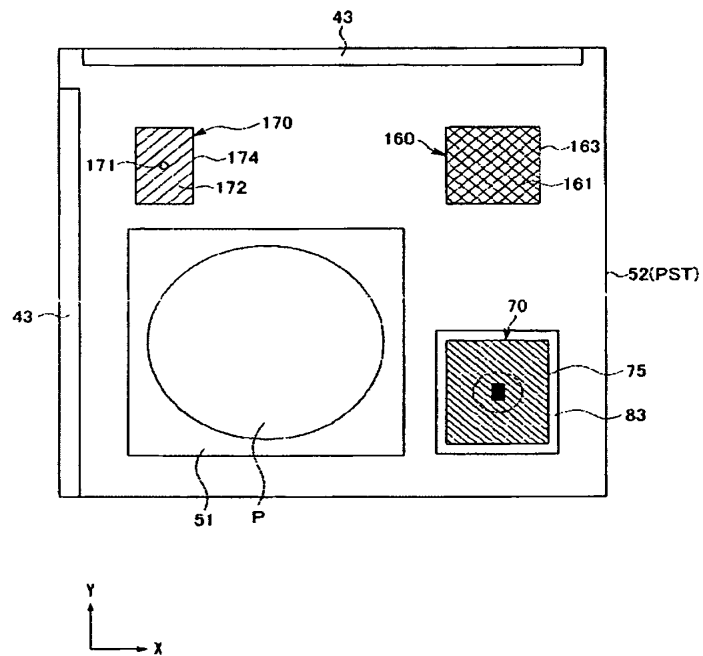
[Drawing 21]



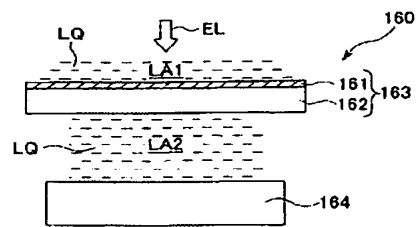
[Drawing 22]



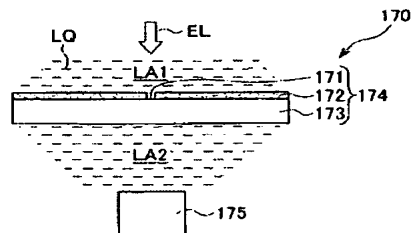
[Drawing 23]



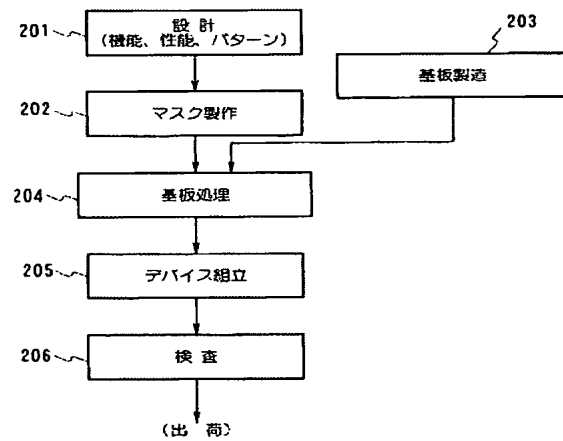
[Drawing 24]



[Drawing 25]



[Drawing 26]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (JP)

## (12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-116571

(P2005-116571A)

(43) 公開日 平成17年4月28日 (2005.4.28)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>H01L 21/027  
G03F 7/20

F I

H01L 21/30 515D  
G03F 7/20 502  
G03F 7/20 521  
H01L 21/30 515Z  
H01L 21/30 516A

テーマコード (参考)

2H097  
5F046

審査請求 未請求 請求項の数 30 O L (全 38 頁)

(21) 出願番号 特願2003-344940 (P2003-344940)  
(22) 出願日 平成15年10月2日 (2003.10.2)(71) 出願人 000004112  
株式会社ニコン  
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号  
(74) 代理人 100064908  
弁理士 志賀 正武  
(74) 代理人 100108578  
弁理士 高橋 昭男  
(74) 代理人 100101465  
弁理士 青山 正和  
(74) 代理人 100107836  
弁理士 西 和哉  
(72) 発明者 萩原 恒幸  
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株  
式会社ニコン内

最終頁に続く

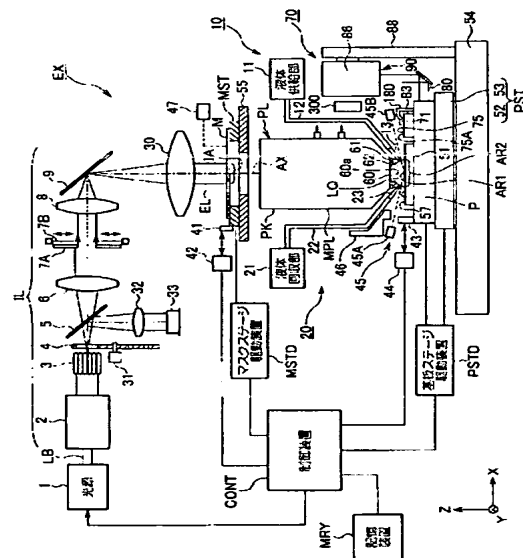
(54) 【発明の名称】 露光装置及びデバイス製造方法

## (57) 【要約】

【課題】 投影光学系の像面側に液体を満たして受光器で光を受光する際、液体中の気泡に起因する受光器の受光状態の悪化を抑えることができる露光装置を提供する。

【解決手段】 露光装置 EX は、投影光学系 PL の像面側に配置された基板 P に対して投影光学系 PL と液体 L Q とを介して露光光 EL を照射することによって基板 P を露光するものであって、投影光学系 PL と該投影光学系 PL の像面付近に配置されたスリット板 75 との間に満たされた液体 L Q 中の気泡を除去する気泡除去装置 180 を備えている。

【選択図】 図 1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

投影光学系の像面側に配置された基板に対して前記投影光学系と液体とを介して露光光を照射することによって前記基板を露光する露光装置において、

前記投影光学系と該投影光学系の像面付近に配置された物体との間に満たされた液体中の気泡を除去する気泡除去装置を備えたことを特徴とする露光装置。

## 【請求項 2】

前記気泡除去装置は、前記物体の液体接触面及び前記投影光学系の液体接触面のうちの少なくともいずれか一方に付着した気泡を除去することを特徴とする請求項 1 記載の露光装置。

10

## 【請求項 3】

前記気泡除去装置は、前記物体及び前記投影光学系の像面側端部のうちの少なくともいずれか一方に設けられていることを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の露光装置。

## 【請求項 4】

前記気泡除去装置は、加振装置を含むことを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれか一項記載の露光装置。

## 【請求項 5】

前記加振装置は前記液体を加振することを特徴とする請求項 4 記載の露光装置。

## 【請求項 6】

前記加振装置は前記物体を加振することを特徴とする請求項 4 又は 5 記載の露光装置。

20

## 【請求項 7】

前記投影光学系は、投影光学系本体とその像面側に前記投影光学系本体とは別に設けられた光学素子とを有し、前記加振装置は前記光学素子を加振することを特徴とする請求項 4 ～ 6 のいずれか一項記載の露光装置。

## 【請求項 8】

前記気泡除去装置は、液体に超音波を印加する超音波生成装置を含み、

前記超音波生成装置は、生成した超音波を液体を介して前記物体の液体接触面及び前記投影光学系の液体接触面のうちの少なくともいずれか一方に当てることを特徴とする請求項 1 ～ 7 のいずれか一項記載の露光装置。

## 【請求項 9】

30

前記超音波生成装置は、前記物体の液体接触面及び前記投影光学系の液体接触面のうちの一方に当てた前記超音波の反射波を他方に当てることを特徴とする請求項 8 記載の露光装置。

## 【請求項 10】

前記気泡除去装置は、液体中に噴流を生成する噴流生成装置を含み、

前記噴流生成装置は、生成した噴流を前記物体の液体接触面及び前記投影光学系の液体接触面のうちの少なくともいずれか一方に当てることを特徴とする請求項 1 ～ 9 のいずれか一項記載の露光装置。

## 【請求項 11】

前記投影光学系の像面側に配置され、光透過部を有する光学部材を介して前記投影光学系を通過した光を受光する受光器を備え、

40

前記物体は、前記光学部材を含むことを特徴とする請求項 1 ～ 10 のいずれか一項記載の露光装置。

## 【請求項 12】

前記気泡除去装置は、前記光透過部に付着した気泡を除去することを特徴とする請求項 11 記載の露光装置。

## 【請求項 13】

前記物体は、前記基板を含むことを特徴とする請求項 1 ～ 12 のいずれか一項記載の露光装置。

## 【請求項 14】

50

前記物体の液体接触面及び前記投影光学系の液体接触面のうちの少なくともいずれか一方は親液性であることを特徴とする請求項 1 ～ 13 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 15】

投影光学系の像面側に配置された基板に対して前記投影光学系と液体とを介して露光光を照射することによって前記基板を露光する露光装置において、

投影光学系の像面付近に配置され、前記投影光学系との間で液体を保持可能な物体を備え、

前記物体の液体接触面は親液性であることを特徴とする露光装置。

【請求項 16】

前記投影光学系の像面側に配置され、光透過部を有する光学部材を介して前記投影光学系を通過した光を受光する受光器を備え、

前記物体は、前記光学部材を含むことを特徴とする請求項 14 又は 15 記載の露光装置。

【請求項 17】

前記液体接触面を親液性にする親液化処理が施されていることを特徴とする請求項 14 ～ 16 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 18】

前記親液化処理として紫外光照射処理が施されていることを特徴とする請求項 17 記載の露光装置。

【請求項 19】

投影光学系の像面側に配置された基板に対して前記投影光学系と液体とを介して露光光を照射することによって前記基板を露光する露光装置において、

投影光学系の液体接触面が紫外光照射処理によって親液性となっていることを特徴とする露光装置。

【請求項 20】

紫外光を照射する紫外光照射装置を備え、前記紫外光照射装置は紫外光照射処理を定期的に行うことを特徴とする請求項 18 又は 19 記載の露光装置。

【請求項 21】

前記露光光を射出する露光用光源を有し、前記紫外光照射装置は前記露光用光源と兼用されていることを特徴とする請求項 20 記載の露光装置。

【請求項 22】

前記親液化処理として親液性材料のコーティング処理が施されていることを特徴とする請求項 17 記載の露光装置。

【請求項 23】

前記物体の表面には親液化領域と撥液化領域とがパターンニングされていることを特徴とする請求項 14 ～ 22 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 24】

前記投影光学系の像面側に配置され、光透過部を有する光学部材を介して前記投影光学系を通過した光を受光する受光器を備え、

前記光透過部を含む領域が親液化され、その周囲を囲む領域が撥液化されていることを特徴とする請求項 23 記載の露光装置。

【請求項 25】

前記投影光学系を介して該投影光学系と前記物体との間に満たされた液体中の気泡を検出する気泡検出装置を備えたことを特徴とする請求項 1 ～ 24 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 26】

投影光学系の像面側に配置された基板に対して前記投影光学系と液体とを介して露光光を照射することによって前記基板を露光する露光装置において、

前記投影光学系と該投影光学系の像面付近に配置された物体との間に満たされた液体中の気泡を投影光学系を介して検出する気泡検出装置を備えたことを特徴とする露光装置。

10

20

30

40

50

## 【請求項 27】

前記気泡検出装置は、前記物体の液体接触面及び前記投影光学系の液体接触面のうちの少なくともいずれか一方に付着した気泡を検出することを特徴とする請求項 25 又は 26 記載の露光装置。

## 【請求項 28】

前記気泡検出装置は、前記投影光学系の物体面側に配置されるマスクと前記基板との位置関係を決定するためのアライメント系と兼用されていることを特徴とする請求項 25 ～ 27 のいずれか一項記載の露光装置。

## 【請求項 29】

前記基板を保持して移動可能な基板保持部材を備え、

前記物体は、前記基板保持部材に設けられていることを特徴とする請求項 1 ～ 28 のいずれか一項記載の露光装置。

## 【請求項 30】

請求項 1 ～ 請求項 29 のいずれか一項記載の露光装置を用いてデバイスを製造することを特徴とするデバイス製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、投影光学系と液体とを介して基板を露光する露光装置、及びこの露光装置を用いるデバイス製造方法に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

半導体デバイスや液晶表示デバイスは、マスク上に形成されたパターンを感光性の基板上に転写する、所謂フォトリソグラフィの手法により製造される。このフォトリソグラフィ工程で使用される露光装置は、マスクを支持するマスクステージと基板を支持する基板ステージとを有し、マスクステージ及び基板ステージを逐次移動しながらマスクのパターンを投影光学系を介して基板に転写するものである。近年、デバイスパターンのより一層の高集積化に対応するために投影光学系の更なる高解像度化が望まれている。投影光学系の解像度は、使用する露光波長が短いほど、また投影光学系の開口数が大きいくほど高くなる。そのため、露光装置で使用する露光波長は年々短波長化しており、投影光学系の開口数も増大している。そして、現在主流の露光波長は KrF エキシマレーザの 248 nm であるが、更に短波長の ArF エキシマレーザの 193 nm も実用化されつつある。また、露光を行う際には、解像度と同様に焦点深度 (DOF) も重要となる。解像度 R、及び焦点深度  $\delta$  はそれぞれ以下の式で表される。

$$R = k_1 \cdot \lambda / NA \quad \dots (1)$$

$$\delta = \pm k_2 \cdot \lambda / NA^2 \quad \dots (2)$$

ここで、 $\lambda$  は露光波長、NA は投影光学系の開口数、 $k_1$ 、 $k_2$  はプロセス係数である。(1) 式、(2) 式より、解像度 R を高めるために、露光波長  $\lambda$  を短くして、開口数 NA を大きくすると、焦点深度  $\delta$  が狭くなることが分かる。

## 【0003】

焦点深度  $\delta$  が狭くなり過ぎると、投影光学系の像面に対して基板表面を合致させることが困難となり、露光動作時のフォーカスマージンが不足するおそれがある。そこで、実質的に露光波長を短くして、且つ焦点深度を広くする方法として、例えば下記特許文献 1 に開示されている液浸法が提案されている。この液浸法は、投影光学系の下面と基板表面との間を水や有機溶媒等の液体で満たして液浸領域を形成し、液体中での露光光の波長が空気中の  $1/n$  ( $n$  は液体の屈折率で通常 1.2 ～ 1.6 程度) になることを利用して解像度を向上するとともに、焦点深度を約  $n$  倍に拡大するというものである。

【特許文献 1】国際公開第 99/49504 号パンフレット

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

10

20

30

40

50



## 【0004】

ところで、基板ステージ上には投影光学系を介した光を受光する種々の受光器（光センサ）が設けられているが、液浸露光装置の場合、投影光学系の像面側に液体の液浸領域を形成した状態で受光器による受光動作を行うことが考えられる。この場合において、液体中に気泡が存在しているとこの気泡により光が散乱等し、受光器は光を良好に受光できなくなる不都合が生じる。

## 【0005】

また液浸法により露光処理を行う場合、投影光学系と基板との間の液体中に気泡が存在すると、この気泡により基板上に形成されるパターン像が劣化する恐れがある。

## 【0006】

本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであって、投影光学系の像面側に液体の液浸領域を形成して受光器で光を受光する際、液体中の気泡に起因する受光器の受光状態の悪化を抑えることができる露光装置及びデバイス製造方法を提供することを第1の目的とする。また、投影光学系と基板との間に液体を満たして露光処理する際、液体中の気泡に起因するパターン像の劣化を抑えることができる露光装置及びデバイス製造方法を提供することを第2の目的とする。

## 【課題を解決するための手段】

## 【0007】

上記の課題を解決するため、本発明は実施の形態に示す図1～図26に対応付けした以下の構成を採用している。

本発明の露光装置（EX）は、投影光学系（PL）の像面側に配置された基板（P）に対して投影光学系（PL）と液体（LQ）とを介して露光光（EL）を照射することによって基板（P）を露光する露光装置において、投影光学系（PL）と該投影光学系（PL）の像面付近に配置された物体（75、P）との間に満たされた液体（LQ）中の気泡を除去する気泡除去装置（180、190、250）を備えたことを特徴とする。

## 【0008】

本発明によれば、液体中の気泡を除去する気泡除去装置を設けたので、投影光学系に対向する物体に液体を介して光を照射する場合、気泡の影響を受けずに光の照射状態を良好に維持することができる。したがって、例えば受光器の受光状態の悪化や、基板上に形成されるパターン像の劣化等といった不都合の発生を防止することができる。

## 【0009】

本発明の露光装置（EX）は、投影光学系（PL）の像面側に配置された基板（P）に対して投影光学系（PL）と液体（LQ）とを介して露光光（EL）を照射することによって基板（P）を露光する露光装置において、投影光学系（PL）の像面付近に配置され、投影光学系（PL）との間で液体（LQ）を保持可能な物体（75）を備え、物体（75）の液体接触面（75A）は親液性であることを特徴とする。

## 【0010】

本発明によれば、物体の液体接触面を親液性にすることで、仮に液体中に気泡が存在していても、その液体接触面には気泡が付着し難いため、気泡の付着に起因する例えば受光器の受光状態の悪化等といった不都合の発生を防止することができる。また、物体の液体接触面に気泡が付着し難いので、仮に気泡が付着した場合でも気泡除去処理を円滑に行うことができる。

## 【0011】

本発明の露光装置（EX）は、投影光学系（PL）の像面側に配置された基板（P）に対して投影光学系（PL）と液体（LQ）とを介して露光光（EL）を照射することによって基板（P）を露光する露光装置において、投影光学系（PL）の液体接触面（60a）が紫外光照射処理によって親液性となっていることを特徴とする。

## 【0012】

本発明によれば、投影光学系の液体接触面を紫外光照射処理によって親液性とするので、その投影光学系の液体接触面には気泡が付着し難くなる。したがって、気泡の付着に

10

20

30

40

50

起因する例えば受光器の受光状態の悪化や、基板上に形成されるパターン像の劣化等といった不都合の発生を防止することができる。また、投影光学系の液体接触面に気泡が付着し難いので、仮に気泡が付着した場合でも気泡除去処理を円滑に行うことができる。

【0013】

本発明の露光装置（EX）は、投影光学系（PL）の像面側に配置された基板（P）に対して投影光学系（PL）と液体（LQ）とを介して露光光（EL）を照射することによって基板（P）を露光する露光装置において、投影光学系（PL）と該投影光学系（PL）の像面付近に配置された物体（75、P）との間に満たされた液体（LQ）中の気泡を投影光学系（PL）を介して検出する気泡検出装置（47）を備えたことを特徴とする。

【0014】

本発明によれば、投影光学系と物体との間の液体中の気泡を投影光学系を介して検出することができ、検出結果に基づいて、エラーの発生を検出したり、気泡除去動作を実行する等の適切な処置を施すことができる。

【0015】

本発明のデバイス製造方法は、上記記載の露光装置（EX）を用いることを特徴とする。本発明によれば、液体中の気泡の影響を受けずに、受光器による受光動作や基板に対する液浸露光処理を良好に行うことができるので、所望の性能を有するデバイスを製造することができる。

【発明の効果】

【0016】

本発明によれば、投影光学系の像面側に配置された受光器や基板等の種々の物体に対して、液体中の気泡の影響を受けずに良好な照射状態で光を照射することができ、精度良い露光処理を行うことができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

以下、本発明の露光装置について図面を参照しながら説明する。図1は本発明の露光装置の一実施形態を示す概略構成図である。

図1において、露光装置EXは、マスクMを支持するマスクステージMSTと、基板Pを支持する基板ステージPSTと、マスクステージMSTに支持されているマスクMを露光光ELで照明する照明光学系ILと、露光光ELで照明されたマスクMのパターン像を基板ステージPSTに支持されている基板Pに投影露光する投影光学系PLと、露光装置EX全体の動作を統括制御する制御装置CONTと、制御装置CONTに接続され、露光処理に関する各種情報を記憶した記憶装置MRYを備えている。また露光装置EXは、投影光学系PLの結像特性（光学特性）の計測に用いられる空間像計測装置70を備えている。空間像計測装置70は、投影光学系PLの像面側に配置されたスリット部71を有するスリット板75を介して投影光学系PLを通過した光（露光光EL）を受光する受光器90を備えている。

【0018】

本実施形態の露光装置EXは、露光波長を実質的に短くして解像度を向上するとともに焦点深度を実質的に広くするために液浸法を適用した液浸露光装置であって、基板P上に液体LQを供給する液体供給機構10と、基板P上の液体LQを回収する液体回収機構20とを備えている。露光装置EXは、少なくともマスクMのパターン像を基板P上に転写している間、液体供給機構10から供給した液体LQにより投影光学系PLの投影領域AR1を含む基板P上の一部に（局所的に）液浸領域AR2を形成する。具体的には、露光装置EXは、投影光学系PLの先端側（像面側）の光学素子60と基板Pの表面との間に液体LQを満たし、この投影光学系PLと基板Pとの間の液体LQ及び投影光学系PLを介して露光光ELを照射してマスクMのパターン像を基板P上に投影することによってこの基板Pを露光する。

【0019】

また後述するように、空間像計測装置70による計測動作中には、投影光学系PLとス

10

20

30

40

50

リット板 75 との間に液体 LQ が満たされる。そして、スリット板 75 近傍には、投影光学系 PL とスリット板 75 との間に液体 LQ を満たしたときに、そのスリット板 75 の液体接触面となる上面 75 A に付着した気泡を除去するための気泡除去装置を構成する噴流生成装置 180 が設けられている。

【0020】

更に露光装置 EX は、投影光学系 PL の像面側に配置された前記スリット板 75 に対して紫外光を照射可能な紫外光照射装置 300 を備えている。紫外光照射装置 300 は、投影光学系 PL に並ぶように設けられている。

【0021】

本実施形態では、露光装置 EX としてマスク M と基板 P とを走査方向における互いに異なる向き（逆方向）に同期移動しつつマスク M に形成されたパターンを基板 P に露光する走査型露光装置（所謂スキャニングステッパ）を使用する場合を例にして説明する。以下の説明において、投影光学系 PL の光軸 AX と一致する方向を Z 軸方向、Z 軸方向に垂直な平面内でマスク M と基板 P との同期移動方向（走査方向）を X 軸方向、Z 軸方向及び X 軸方向に垂直な方向（非走査方向）を Y 軸方向とする。また、X 軸、Y 軸、及び Z 軸まわりの回転（傾斜）方向をそれぞれ、 $\theta X$ 、 $\theta Y$ 、及び  $\theta Z$  方向とする。なお、ここでいう「基板」は半導体ウエハ上に感光性材料であるフォトリソ resist を塗布したものを含み、「マスク」は基板上に縮小投影されるデバイスパターンを形成されたレチクルを含む。

【0022】

照明光学系 IL は、光源 1 より射出された光束（レーザビーム）LB を露光光 EL に変換し、マスクステージ MST に支持されているマスク M を露光光 EL で照明するものである。照明光学系 IL から射出される露光光 EL としては、例えば水銀ランプから射出される紫外域の輝線（g 線、h 線、i 線）及び KrF エキシマレーザ光（波長 248 nm）等の遠紫外光（DUV 光）や、ArF エキシマレーザ光（波長 193 nm）及び F<sub>2</sub> レーザ光（波長 157 nm）等の真空紫外光（VUV 光）等が用いられる。本実施形態においては ArF エキシマレーザ光が用いられる。

【0023】

本実施形態において、液体 LQ には純水が用いられる。純水は ArF エキシマレーザ光のみならず、例えば水銀ランプから射出される紫外域の輝線（g 線、h 線、i 線）及び KrF エキシマレーザ光（波長 248 nm）等の遠紫外光（DUV 光）も透過可能である。

【0024】

本実施形態における光源 1 は、ArF エキシマレーザ光（波長 193 nm）を射出するエキシマレーザ光源であって、制御装置 CONT によってそのレーザ発光のオン・オフや、中心波長、スペクトル半値幅、及び繰り返し周波数等を制御される。

【0025】

照明光学系 IL は、ビーム整形光学系 2、オブティカルインテグレータ 3、照明系開口絞り板 4、リレー光学系 6、8、固定マスクブラインド 7A、可動マスクブラインド 7B、ミラー 9、及びコンデンサレンズ 30 等を備えている。本実施形態では、オブティカルインテグレータ 3 としてフライアイレンズが用いられるが、ロッド型（内面反射型）インテグレータ、あるいは回折光学素子等であってもよい。ビーム整形光学系 2 内には、光源 1 でパルス発光されたレーザビーム LB の断面形状を、該レーザビーム LB の光路後方に設けられたオブティカルインテグレータ 3 に効率良く入射するように整形するための、例えばシリンドリカルレンズやビームエキスパンダ等が含まれている。オブティカルインテグレータ（フライアイレンズ）3 は、ビーム整形光学系 2 から射出されたレーザビーム LB の光路上に配置され、マスク M を均一な照度分布で照明するために多数の点光源（光源像）からなる面光源、すなわち 2 次光源を形成する。

【0026】

オブティカルインテグレータ 3 の射出側焦点面の近傍には、円板状部材からなる照明系開口絞り板 4 が配置されている。この照明系開口絞り板 4 には、ほぼ等角度間隔で、例えば通常の円形開口からなる開口絞り（通常絞り）、小さな円形開口からなりコヒーレンス

10

20

30

40

50

ファクタである $\alpha$ 値を小さくするための開口絞り（小 $\alpha$ 絞り）、輪帯照明用の輪帯状の開口絞り（輪帯絞り）、及び変形光源法用に複数の開口を偏心させて配置した変形開口絞り（SHRINCとも呼ばれる四重極照明絞り）等が配置されている。この照明系開口絞り板4は、制御装置CONTにより制御されるモータ等の駆動装置31によって回転されるようになっており、これによりいずれかの開口絞りが露光光ELの光路上に選択的に配置される。

#### 【0027】

照明系開口絞り板4を通過した露光光ELの光路上に、反射率が小さく透過率の大きいビームスプリッタ5が配置され、更にこの後方の光路上に、マスクブラインド7A、7Bを介在させてリレー光学系（6、8）が配置されている。固定マスクブラインド7Aは、マスクMのパターン面に対する共役面から僅かにデフォーカスした面に配置され、マスクM上の照明領域IAを規定する矩形開口が形成されている。また、この固定マスクブラインド7Aの近傍に走査方向（X軸方向）及びこれに直交する非走査方向（Y軸方向）にそれぞれ対応する方向の位置及び幅が可変の開口部を有する可動マスクブラインド7Bが配置され、走査露光の開始時及び終了時にその可動マスクブラインド7Bを介して照明領域IAを更に制限することによって、不要な部分の露光が防止されるようになっている。また、本実施形態では、可動マスクブラインド7Bは、後述する空間像計測の際の照明領域の設定にも用いられる。一方、照明光学系1L内のビームスプリッタ5で反射された露光光ELの光路上には、集光レンズ32、及び遠紫外域で感度が良く、且つ光源1のパルス発光を検出するために高い応答周波数を有するPIN型フォトダイオード等の受光素子からなるインテグレートセンサ33が配置されている。

#### 【0028】

このようにして構成された照明光学系1Lの作用を簡単に説明すると、光源1からパルス発光されたレーザビームLBは、ビーム整形光学系2に入射して、ここで後方のオブティカルインテグレート3に効率良く入射するようにその断面形状が整形された後、オブティカルインテグレート3に入射する。これにより、オブティカルインテグレート3の射出側焦点面（照明光学系1Lの瞳面）に2次光源が形成される。この2次光源から射出された露光光ELは、照明系開口絞り板4上のいずれかの開口絞りを通過した後、透過率が大きく反射率が小さいビームスプリッタ5に入射する。このビームスプリッタ5を透過した露光光ELは、第1リレーレンズ6を経て固定マスクブラインド7Aの矩形の開口部及び可動マスクブラインド7Bを通過した後、第2リレーレンズ8を通過してミラー9によって光路を垂直下方に折り曲げられる。ミラー9によって光路を折り曲げられた露光光ELは、コンデンサレンズ30を経て、マスクステージMSTに保持されたマスクM上の照明領域IAを均一な照度分布で照明する。

#### 【0029】

一方、ビームスプリッタ5で反射された露光光ELは、集光レンズ32を介してインテグレートセンサ33で受光され、インテグレートセンサ33の光電変換信号が、不図示のピークホールド回路及びA/D変換器を有する信号処理装置を介して制御装置CONTに供給される。本実施形態では、インテグレートセンサ33の計測値は、露光量制御に用いられる他、投影光学系PLに対する照射量の計算に用いられ、この照射量は基板反射率（これは、インテグレートセンサの出力と不図示の反射率モニタの出力とに基づいて求めることもできる）とともに、投影光学系PLの照明光吸収による結像特性の変化量の算出に用いられる。本実施形態では、所定の間隔で、制御装置CONTにより、インテグレートセンサ33の出力に基づいて照射量が計算され、その計算結果が照射履歴として、記憶装置MR Yに記憶されるようになっている。

#### 【0030】

マスクステージMSTは、マスクMを保持して移動可能であって、例えばマスクMを真空吸着（又は静電吸着）により固定している。マスクステージMSTは、マスクベース55上に非接触ベアリングである気体軸受（エアベアリング）を介して非接触支持されており、リニアモータ等を含むマスクステージ駆動装置MSTDにより、投影光学系PLの光

10

20

30

40

50

軸 A X に垂直な平面内、すなわち X Y 平面内で 2 次元移動可能及び  $\theta$  Z 方向に微小回転可能である。そして、マスクステージ M S T は、マスクベース 5 5 上を X 軸方向に指定された走査速度で移動可能となっており、マスク M の全面が少なくとも投影光学系 P L の光軸 A X を横切ることができるだけの X 軸方向の移動ストロークを有している。

#### 【0031】

マスクステージ M S T 上には移動鏡 4 1 が設けられている。また、移動鏡 4 1 に対向する位置にはレーザ干渉計 4 2 が設けられている。マスクステージ M S T 上のマスク M の 2 次元方向の位置、及び  $\theta$  Z 方向の回転角（場合によっては  $\theta$  X、 $\theta$  Y 方向の回転角も含む）はレーザ干渉計 4 2 によりリアルタイムで計測され、計測結果は制御装置 C O N T に出力される。制御装置 C O N T は、レーザ干渉計 4 2 の計測結果に基づいてマスクステージ駆動装置 M S T D を駆動することでマスクステージ M S T に支持されているマスク M の位置を制御する。

10

#### 【0032】

投影光学系 P L は、マスク M のパターンを所定の投影倍率  $\beta$  で基板 P に投影露光するものであって、像面側（基板 P 側）に設けられた光学素子（レンズ）6 0 を含む複数の光学素子で構成されている。本実施形態において、投影光学系 P L は、投影倍率  $\beta$  が例えば 1 / 4 あるいは 1 / 5 の縮小系である。なお、投影光学系 P L は等倍系及び拡大系のいずれでもよい。

#### 【0033】

本実施形態の投影光学系 P L の像面側先端部の光学素子 6 0 はレンズセル 6 2 で保持されている。また、光学素子 6 0 以外の複数の光学素子は鏡筒 P K で保持されている。以下の説明において、鏡筒 P K に保持された複数の光学素子を「投影光学系本体 M P L」と適宜称する。そして、光学素子 6 0 を保持したレンズセル 6 2 が交換できるように、投影光学系本体 M P L の鏡筒 P K の先端部と光学素子 6 0 を保持したレンズセル 6 2 とが連結機構 6 1 によって連結されている。光学素子 6 0 には液浸領域 A R 2 の液体 L Q が接触する。光学素子 6 0 は螢石で形成されている。螢石は水との親和性が高いので、光学素子 6 0 の液体接触面 6 0 a のほぼ全面に液体 L Q を密着させることができる。すなわち、本実施形態においては光学素子 6 0 の液体接触面 6 0 a との親和性が高い液体（水）L Q を供給するようにしているので、光学素子 6 0 の液体接触面 6 0 a と液体 L Q との密着性が高く、光学素子 6 0 と基板 P との間の光路を液体 L Q で確実に満たすことができる。なお、光学素子 6 0 は、水との親和性が高い石英であってもよい。また、光学素子 6 0 の液体接触面 6 0 a に親水化（親液化）処理を施して、液体 L Q との親和性をより高めるようにしてもよい。

20

30

#### 【0034】

基板ステージ P S T は、基板 P を保持して移動可能であって、X Y ステージ 5 3 と、X Y ステージ 5 3 上に搭載された Z チルトステージ 5 2 とを含んで構成されている。X Y ステージ 5 3 は、ステージベース 5 4 の上面の上方に不図示の非接触ベアリングである気体軸受（エアベアリング）を介して非接触支持されている。X Y ステージ 5 3（基板ステージ P S T）はステージベース 5 4 の上面に対して非接触支持された状態で、リニアモータ等を含む基板ステージ駆動装置 P S T D により、投影光学系 P L の光軸 A X に垂直な平面内、すなわち X Y 平面内で 2 次元移動可能及び  $\theta$  Z 方向に微小回転可能である。この X Y ステージ 5 3 上に Z チルトステージ 5 2 が搭載され、Z チルトステージ 5 2 上に基板ホルダ 5 1 が搭載されている。この基板ホルダ 5 1 によって、基板 P が真空吸着等により保持されている。Z チルトステージ 5 2 は、後述するアクチュエータにより、Z 軸方向、 $\theta$  X 方向、及び  $\theta$  Y 方向にも移動可能に設けられている。上記アクチュエータを含む基板ステージ駆動装置 P S T D は制御装置 C O N T により制御される。基板ステージ P S T は、後述のフォーカス検出系と協働して、基板 P のフォーカス位置（Z 位置）及び傾斜角を制御して基板 P の表面をオートフォーカス方式、及びオートレベリング方式で投影光学系 P L の像面に合わせ込むとともに、基板 P の X 軸方向及び Y 軸方向における位置決めを行う。

40

#### 【0035】

50

また、基板ステージ P S T（基板ホルダ 5 1）上には、基板 P を囲むように補助プレート 5 7 が設けられている。補助プレート 5 7 は基板ホルダ 5 1 に保持された基板 P の表面とほぼ同じ高さの平面を有している。基板 P のエッジ領域を露光する場合にも、補助プレート 5 7 により投影光学系 P L の下に液体 L Q を保持することができる。

【0036】

基板ステージ P S T（Z チルトステージ 5 2）上には移動鏡 4 3 が設けられている。また、移動鏡 4 3 に対向する位置にはレーザ干渉計 4 4 が設けられている。基板ステージ P S T 上の基板 P の 2 次元方向の位置、及び回転角はレーザ干渉計 4 4 によりリアルタイムで計測され、計測結果は制御装置 C O N T に出力される。制御装置 C O N T はレーザ干渉計 4 4 の計測結果に基づいてリニアモータ等を含む基板ステージ駆動装置 P S T D を駆動することで基板ステージ P S T に支持されている基板 P の位置決めを行う。

10

【0037】

また、露光装置 E X は、基板ステージ P S T（基板ホルダ 5 1）に支持されている基板 P の表面の位置を検出するフォーカス検出系 4 5 を備えている。フォーカス検出系 4 5 は、基板 P 上に液体 L Q を介して斜め方向より検出用光束を投射する投光部 4 5 A と、基板 P で反射した前記検出用光束の反射光を受光する受光部 4 5 B とを備えている。フォーカス検出系 4 5（受光部 4 5 B）の受光結果は制御装置 C O N T に出力される。制御装置 C O N T はフォーカス検出系 4 5 の検出結果に基づいて、基板 P 表面の Z 軸方向の位置情報を検出することができる。また、投光部 4 5 A より複数の検出用光束を投射することにより、基板 P の  $\theta X$  及び  $\theta Y$  方向の傾斜情報を検出することができる。なお、フォーカス検出系 4 5 の構成としては、例えば特開平 6-283403 号公報等に関示されているものを用いることができる。

20

【0038】

制御装置 C O N T は、走査露光時等に、受光部 4 5 B からの焦点ずれ信号（デフォーカス信号）、例えば S カーブ信号に基づいて焦点ずれが零となるように、後述する Z 位置駆動部 5 6 A ~ 5 6 C を含む基板ステージ駆動装置 P S T D を介して Z チルトステージ 5 2 の Z 軸方向への移動、及び 2 次元的に傾斜（ $\theta X$ 、 $\theta Y$  方向の回転）を制御する。すなわち、制御装置 C O N T は、多点フォーカス検出系 4 5 を用いて Z チルトステージ 5 2 の移動を制御することにより、投影光学系 P L の結像面と基板 P の表面とを実質的に合致させるオートフォーカス及びオートレベリングを実行する。

30

【0039】

また、投影光学系 P L の先端近傍には、基板 P 上のアライメントマークあるいは基板ステージ P S T 上に設けられた不図示の基準部材上に形成された基準マークを検出するオフアクシス方式の基板アライメント系 4 6 が設けられている。また、マスクステージ M S T の近傍には、マスク M と投影光学系 P L とを介して前記基準部材に設けられた基準マークを検出するマスクアライメント系 4 7 が設けられている。本実施形態では、このアライメント系として、画像処理方式のアライメントセンサ、いわゆる F I A（Field Image Alignment）系が用いられている。なお、基板アライメント系 4 6 の構成としては、例えば特開平 4-65603 号公報に関示されているものを用いることができ、マスクアライメント系 4 7 の構成としては、特開平 7-176468 号公報に関示されているものを用いることができる。

40

【0040】

図 2 は、液体供給機構 1 0、液体回収機構 2 0、及び投影光学系 P L を示す拡大図である。投影光学系 P L は、鏡筒 P K に保持された複数枚（ここでは 1 0 枚）の光学素子 6 4 a ~ 6 4 j を含んで構成される投影光学系本体 M P L と、投影光学系 P L の像面側（基板 P 側）に投影光学系本体 M P L とは別に設けられ、レンズセル 6 2 に保持された光学素子 6 0 とを備えている。投影光学系 P L を構成する光学素子 6 4 a ~ 6 4 j のうち、その一部、例えば光学素子 6 4 a、6 4 b は、それぞれ複数の駆動素子（例えばピエゾ素子等）6 3 によって光軸 A X 方向及び X Y 面に対する傾斜方向に微小駆動可能に構成されている。また、光学素子 6 4 d、6 4 e の間、及び光学素子 6 4 f、6 4 g の間には、それぞれ

50

密閉状態とされた第1、第2密閉室65A、65Bが形成されている。これら第1、第2密閉室65A、65Bには、不図示のガス供給機構から圧力調整機構66を介してクリーンな気体、例えばドライエアが供給されるようになっている。

#### 【0041】

本実施形態では、各駆動素子63に与えられる駆動電圧（駆動素子の駆動量）及び第1、第2密閉室65A、65B内部の気体の圧力（内部圧力）を調整する圧力調整機構66が、制御装置CONTからの指令に応じて結像特性調整装置67により制御され、これによって、投影光学系PLの結像特性、例えば、像面位置、像面湾曲、ディストーション、倍率等が補正されるようになっている。なお、かかる結像特性を調整する結像特性調整機構は、光学素子64aのような可動光学素子のみによって構成してもよく、その可動光学素子の数も任意でよい。但し、この場合、可動光学素子の数が、フォーカスを除く、投影光学系PLの結像特性の補正可能な種類に対応するので、補正が必要な結像特性の種類に応じて可動光学素子の数を定めればよい。

10

#### 【0042】

Zチルトステージ52は、3つのZ位置駆動部56A、56B、56C（但し、紙面奥側のZ位置駆動部56Cは不図示）によってXYステージ53上に3点で支持されている。これらのZ位置駆動部56A～56Cは、Zチルトステージ52下面のそれぞれの支持点を投影光学系PLの光軸方向（Z方向）に独立して駆動する3つのアクチュエータ（例えばボイスコイルモータなど）59A、59B、59C（但し、図2における紙面奥側のアクチュエータ59Cは不図示）と、Zチルトステージ52のZ位置駆動部56A、56B、56CによるZ軸方向の駆動量（基準位置からの変位）を検出するエンコーダ58A、58B、58C（但し、図2における紙面奥側のエンコーダ58Cは不図示）とを含んで構成されている。ここでエンコーダ58A～58Cとしては、例えば光学式又は静電容量式などのリニアエンコーダが使用されている。本実施形態では、上記アクチュエータ56A、56B、56Cによって、Zチルトステージ52を光軸AX方向（Z軸方向）及び光軸に直交する面（XY面）に対する傾斜方向すなわち $\theta X$ 、 $\theta Y$ 方向に駆動する駆動装置が構成されている。また、エンコーダ58A～58Cで計測されるZチルトステージ52のZ位置駆動部56A、56B、56Cによる各支持点のZ軸方向の駆動量（基準点からの変位量）は制御装置CONTに出力され、制御装置CONTは、そのエンコーダ58A～58Cの計測結果に基づいて、Zチルトステージ52のZ軸方向の位置及びレベリング量（ $\theta X$ 回転量、 $\theta Y$ 回転量）を求めるようになっている。

20

30

#### 【0043】

液体供給機構10は、露光処理時を含む所定の期間において投影光学系PLと基板Pとの間に液体LQを供給するものであって、液体LQを送出可能な液体供給部11と、液体供給部11に供給管12を介して接続され、この液体供給部11から送出された液体LQを基板P上に供給する供給ノズル13とを備えている。供給ノズル13は基板Pの表面に近接して配置されている。液体供給部11は、液体LQを収容するタンク、及び加圧ポンプ等を備えており、供給管12及び供給ノズル13を介して基板P上に液体LQを供給する。液体供給部11の液体供給動作は制御装置CONTにより制御され、制御装置CONTは液体供給部11による基板P上に対する単位時間あたりの液体供給量を制御可能である。

40

#### 【0044】

液体回収機構20は、露光処理時を含む所定の期間において投影光学系PLと基板Pとの間の液体LQを回収するものであって、基板Pの表面に近接して配置された回収ノズル23と、回収ノズル23に回収管22を介して接続された液体回収部21とを備えている。液体回収部21は、真空ポンプを含む真空系（吸引装置）、及び回収した液体LQを収容するタンク等を含んで構成されており、その動作は制御装置CONTに制御される。液体回収部21の真空系が駆動することにより、基板P上の液体LQは回収ノズル23を介して回収される。なお真空系として、露光装置に真空ポンプを設けずに、露光装置EXが配置される工場の真空系を用いるようにしてもよい。

50

## 【0045】

なお回収管22の途中、具体的には回収ノズル23と真空系との間に、回収ノズル23から吸い込まれた液体LQと気体とを分離する気液分離器を設けることが好ましい。基板P上の液体LQを吸引回収する際、液体回収部（真空系）21では、液体LQをその周囲の気体（空気）とともに回収する状況が生じる可能性があるため、気液分離器によって回収ノズル23から回収された液体LQと気体とを分離することにより、真空系に液体LQが流入してその真空系が故障する等の不都合の発生を防止することができる。液体回収部21に回収された液体LQは、例えば廃棄されたり、あるいはクリーン化されて液体供給部11等に戻され再利用される。

## 【0046】

なお、液体供給機構10及び液体回収機構20は、投影光学系PLに対して分離して支持されている。これにより、液体供給機構10及び液体回収機構20で生じた振動が投影光学系PLに伝わることがない。

## 【0047】

図3は、液体供給機構10及び液体回収機構20と投影光学系PLの投影領域AR1との位置関係を示す平面図である。投影光学系PLの投影領域AR1はY軸方向に細長い矩形状（スリット状）となっており、その投影領域AR1をX軸方向に挟むように、+X側に3つの供給ノズル13A～13Cが配置され、-X側に2つの回収ノズル23A、23Bが配置されている。そして、供給ノズル13A～13Cは供給管12を介して液体供給部11に接続され、回収ノズル23A、23Bは回収管22を介して液体回収部21に接続されている。また、供給ノズル13A～13Cと回収ノズル23A、23Bとをほぼ180°回転した位置関係で、供給ノズル16A～16Cと、回収ノズル26A、26Bとが配置されている。供給ノズル13A～13Cと回収ノズル26A、26BとはY軸方向に交互に配列され、供給ノズル16A～16Cと回収ノズル23A、23BとはY軸方向に交互に配列され、供給ノズル16A～16Cは供給管15を介して液体供給部11に接続され、回収ノズル26A、26Bは回収管25を介して液体回収部21に接続されている。

## 【0048】

図4は、投影光学系PLの結像特性（光学特性）の計測に用いられる空間像計測装置70を示す概略構成図である。空間像計測装置70は、投影光学系PLの像面側に配置されたスリット部71を有するスリット板75を介して投影光学系PLを通過した光を受光する受光器90を備えている。スリット板75は、投影光学系PLの像面側のZチルトステージ52に設けられている。受光器90は、Zチルトステージ52内部においてスリット板75に近い位置に配置された光学素子76と、光学素子76を通過した光の光路を折り曲げるミラー77と、ミラー77を介した光が入射する光学素子78と、光学素子78を通過した光をZチルトステージ52外部に送る送光レンズ79と、Zチルトステージ52外部に設けられ、送光レンズ79からの光の光路を折り曲げるミラー80と、ミラー80を通過した光を受ける受光レンズ81と、受光レンズ81を介した光を受光する光電変換素子からなる光センサ（受光素子）82とを備えている。

## 【0049】

スリット板75は、平面視長形状のガラス板部材74の上面中央部に設けられたクロム等からなる遮光膜72と、その遮光膜72の周囲、すなわちガラス板部材74の上面のうち遮光膜72以外の部分に設けられたアルミニウム等からなる反射膜73と、遮光膜72の一部に形成された開口パターンであるスリット部71とを備えている。スリット部71においては透明部材であるガラス板部材74が露出しており、光はスリット部71を透過可能である。

## 【0050】

Zチルトステージ52の上面において基板ホルダ51と隣り合う位置には凸部83が設けられており、その凸部83の上部には開口部84が設けられている。スリット板75は凸部83の開口部84に対して着脱可能となっており、その開口部84を塞ぐ状態で上方

10

20

30

40

50



から嵌め込まれている。また、スリット板 7 5 の上面は、光学素子 6 0 との間で液体 L Q を保持できるように十分な面積を有している。

【0051】

ガラス板部材 7 4 の形成材料としては、A r F エキシマレーザ光あるいは K r F エキシマレーザ光に対する透過性の良い合成石英あるいは螢石などが用いられる。なお、合成石英の A r F エキシマレーザ光に対する屈折率は 1. 5 6、K r F エキシマレーザ光に対する屈折率は 1. 5 1 程度である。

【0052】

光学素子 7 6 は、Z チルトステージ 5 2 内部においてスリット部 7 1 の下方に配置されており、保持部材 8 5 で保持されている。光学素子 7 6 を保持した保持部材 8 5 は、凸部 8 3 の内壁面 8 3 A に取り付けられている。Z チルトステージ 5 2 内部に配置されている光学素子 7 6 を通過した光は、ミラー 7 7 でその光路を折り曲げられた後、光学素子 7 8 を通過する。光学素子 7 8 を通過した光は、Z チルトステージ 5 2 の + X 側側壁に固定されている送光レンズ 7 9 によって Z チルトステージ 5 2 の外部に送出される。送光レンズ 7 9 によって Z チルトステージ 5 2 外部に送出された光は、ミラー 8 0 によって受光レンズ 8 1 に導かれる。受光レンズ 8 1 とその受光レンズ 8 1 の上方に配置されている光センサ 8 2 とは、所定の位置関係を保ってケース 8 6 に収納されている。ケース 8 6 は取付部材 8 7 を介してステージベース 5 4 の上面に設けられた支柱 8 8 の上端部近傍に固定されている。

【0053】

なお、ミラー 7 7、光学素子 7 8、及び送光レンズ 7 9 等は Z チルトステージ 5 2 に対して着脱可能である。また、受光レンズ 8 1 及び光センサ 8 2 を収納したケース 8 6 を支持する支柱 8 8 は、ステージベース 5 4 に対して着脱可能となっている。

【0054】

光センサ 8 2 には、微弱な光を精度良く検出可能な光電変換素子（受光素子）、例えばフォト・マルチプライヤ・チューブ（P M T、光電子増倍管）等が用いられる。光センサ 8 2 からの光電変換信号は、信号処理装置を介して制御装置 C O N T に送られるようになっている。

【0055】

図 5 は、空間像計測装置 7 0 を使って投影光学系 P L の結像特性を計測している状態を示す図である。図 5 に示すように、投影光学系 P L の結像特性を計測する際には、投影光学系 P L とスリット板 7 5 とを対向させた状態で、液体供給機構 1 0 及び液体回収機構 2 0 を使って、投影光学系 P L の先端側（像面側）の光学素子 6 0 とスリット板 7 5 との間に液体 L Q を満たす。そして、投影光学系 P L の光学素子 6 0 とスリット板 7 5 との間に液体 L Q を満たした状態で、投影光学系 P L 及び液体 L Q を介した光（露光光 E L）が空間像計測装置 7 0 を構成するスリット板 7 5 に照射される。またこのときのスリット板 7 5 の上面 7 5 A の面位置情報は、フォーカス検出系 4 5 を使って検出可能である。

【0056】

図 6 は、空間像計測装置 7 0 のうち、凸部 8 3 内部に配置されたスリット板 7 5 及び光学素子 7 6 近傍を示す要部拡大断面図、図 7 は、スリット板 7 5 を上方から見た平面図である。なお図 6 においては、受光器 9 0 は簡略化して図示されており、受光器 9 0 を構成する複数の光学素子及び部材のうち、光の光路上においてスリット板 7 5 に最も近い位置に配置された光学素子 7 6、及びその光学素子 7 6 を通過した光を受光する光センサ 8 2 のみが図示されている。図 6 に示す空間像計測装置 7 0 において、スリット板 7 5 と受光器 9 0 との間には液体 L Q が満たされている。本実施形態において、液体 L Q は、凸部 8 3 の開口部 8 4 に嵌合されているスリット板 7 5 の下面と、受光器 9 0 の光路上に配置された複数の光学素子のうちスリット板 7 5 に最も近い位置に配置された光学素子 7 6 との間に満たされている。光学素子 7 6 は、スリット板 7 5 の下方位位置において、凸部 8 3 の内壁面 8 3 A に取り付けられた保持部材 8 5 に保持されており、液体 L Q は、スリット板 7 5、保持部材 8 5、及び光学素子 7 6 に囲まれた空間 S P に満たされている。本実施形

10

20

30

40

50

態において、光学素子 76 は平凸レンズにより構成されており、その平坦面を上方に向けて配置されている。そして、保持部材 85 の内底面 85 A と、光学素子 76 の上面（平坦面）76 A とがほぼ面一となっている。また、保持部材 85 は断面視略上向きコ字状に形成され、その保持部材 85 の外側面 85 B と凸部 83 の内壁面 83 A とは密接されており、保持部材 85 の上端面（スリット板 75 との接合面）85 C とスリット板 75 との間には Oリングなどのシール部材 91 が設けられている。これにより、空間 S P に満たされた液体 L Q が外部に漏洩する不都合が防止されている。

#### 【0057】

スリット板 75 及び光学素子 76 を保持した保持部材 85 は、凸部 83 の内壁面 83 A に対して着脱可能となっている。保持部材 85 を取り付けの際には、凸部 83 の開口部 84 より光学素子 76 を保持した保持部材 85 を凸部 83 内部に挿入し（このときスリット板 75 は取り付けられていない）、不図示の固定部材で保持部材 85 と凸部 83 の内壁面 83 A とを固定する。次いで、開口部 84 にスリット板 75 が嵌め込まれる。一方、保持部材 85 を外す際には、スリット板 75 を開口部 84 より取り外した後、保持部材 85 を開口部 84 を介して引き抜けばよい。

#### 【0058】

また、露光装置 E X は、スリット板 75 と受光器 90 の光学素子 76 との間の空間 S P に液体 L Q を供給する液体供給装置 100 と、その空間 S P の液体 L Q を回収する液体回収装置 104 とを備えている。凸部 83 及び保持部材 85 の + X 側の壁部には空間 S P に接続する供給流路 102 が形成され、- X 側の壁部には空間 S P に接続する回収流路 106 が形成されている。また、液体供給装置 100 には供給管 101 の一端部が接続され、供給管 101 の他端部は継手 103 を介して供給流路 102 に接続されている。液体回収装置 104 には回収管 105 の一端部が接続され、回収管 105 の他端部は継手 107 を介して回収流路 106 に接続されている。また、供給管 101 及び回収管 105 のそれぞれの途中にはその流路を開閉するバルブ 101 A、105 A が設けられている。液体供給装置 100、液体回収装置 104、及びバルブ 101 A、105 A の動作は制御装置 C O N T によって制御され、制御装置 C O N T は、これらを制御して空間 S P に対する液体 L Q の供給及び回収を行うことで、空間 S P を液体 L Q で満たす。

#### 【0059】

ここで、以下の説明において、投影光学系 P L とスリット板 75 との間に満たされた L Q によって形成される液浸領域を「第 1 液浸領域 L A 1」と、スリット板 75 と受光器 90（光学素子 76）との間に満たされた液体 L Q によって形成される液浸領域を「第 2 液浸領域 L A 2」と適宜称する。

#### 【0060】

なおここでは、液体供給装置 100 及び液体回収装置 104 を使って液体 L Q の供給及び回収を行うことで、スリット板 75 と光学素子 76 との間の空間 S P に液体 L Q を満たしているが、液体供給装置 100 及び液体回収装置 104 を使わずに、例えば露光装置 E X の製造時において液体 L Q を空間 S P に満たしておくといった構成も可能である。この場合、例えばスリット板 75 を凸部 83（Z チルトステージ 52）より外し、空間 S P の液体 L Q を定期的に交換するようにしてもよい。一方で、液体供給装置 100 及び液体回収装置 104 を使って液体 L Q の供給及び回収を行うことで、空間 S P には常に新鮮な（清浄な）液体 L Q を満たすことが可能である。また、例えばスリット板 75 や光学素子 76 を保持した保持部材 85 を凸部 83（Z チルトステージ 52）から外す際に、液体回収装置 104 で空間 S P の液体 L Q を回収した後に、スリット板 75 や光学素子 76 を保持した保持部材 85 を外すことにより、液体 L Q を漏出、飛散することなく着脱作業を行うことができる。

#### 【0061】

図 7 に示すように、スリット板 75 は、平面視長形状のガラス板部材 74 の上面中央部に設けられたクロム等からなる遮光膜 72 と、その遮光膜 72 の周囲、すなわちガラス板部材 74 の上面のうち遮光膜 72 以外の部分に設けられたアルミニウム等からなる反射

10

20

30

40

50

膜 73 と、遮光膜 72 の一部に形成された開口パターンであるスリット部 71 とを備えている。スリット部 71 においては透明部材であるガラス板部材 74 が露出しており、光はスリット部 71 を透過可能である。スリット部 71 は Y 軸方向を長手方向とする矩形状（長方形状）のスリットであって、所定幅 2D を有している。

#### 【0062】

図 6 に示すように、スリット板 75 の近傍には、このスリット板 75 の液体接触面となる上面 75A に付着した気泡を除去するための噴流生成装置 180 が設けられている。噴流生成装置 180 は、投影光学系 PL の先端部の光学素子 60 とスリット板 75 との間に満たされた第 1 液浸領域 LA1 の液体 LQ 中に噴流を生成し、生成した噴流をスリット板 75 の上面 75A に当てることによって、スリット板 75 の上面 75A に付着した気泡を除去する。噴流生成装置 180 は、液体供給部 181 にその一端部（基端部）を接続した配管部 182 と、配管部 182 の他端部（先端部）に接続されたノズル部 183 とを備えている。ノズル部 183 はスリット板 75 近傍に配置されている。また、配管部 182 は Z 軸ステージ 52 上に取り付けられている。したがって、基板ステージ PST が移動したとき、配管部 182 及びその先端部に取り付けられたノズル部 183 はスリット板 75 とともに移動する。すなわち、基板ステージ PST が移動しても、ノズル部 183 とスリット板 75 との相対位置関係は変わらない。本実施形態において、配管部 182 は凸部 83 やスリット板 75 と離れており、ノズル部 183 もスリット板 75 と離れている。また、ノズル部 183 の吹出口 183A は、投影光学系 PL の光学素子 60 とスリット板 75 との間に液体 LQ を満たしたときに、その液体 LQ によって形成される第 1 液浸領域 LA1 内部に配置されるようになっている。

#### 【0063】

空間像計測装置 70 を使って投影光学系 PL の結像特性（空間像、投影像）を計測する際には、制御装置 CONT は、基板ステージ PST を移動して、投影光学系 PL とスリット板 75 とを対向させる（つまり図 5 に示す状態にする）。そして、液体供給機構 10 及び液体回収機構 20 を使って投影光学系 PL の先端部の光学素子 60 とスリット板 75 との間に液体 LQ を満たす。これと並行して（あるいはその前又は後に）、制御装置 CONT は、液体供給装置 100 及び液体回収装置 104 を使って、受光器 90 の光学素子 76 とスリット板 75 との間に液体 LQ を満たす。

#### 【0064】

第 1 液浸領域 LA1 を形成した後、空間像計測動作を行う前に、制御装置 CONT は、噴流生成装置 180 を使って、スリット板 75 の上面 75A に付着した気泡を除去する気泡除去動作を行う。制御装置 CONT は、噴流生成装置 180 の液体供給部 181 を駆動する。液体供給部 181 からは、流速を高められた液体 LQ が送出される。液体供給部 181 から送出された液体 LQ は配管部 182 を介してノズル部 183 の吹出口 183A より噴出される。ノズル部 183 の吹出口 183A は第 1 液浸領域 LA1 内部に配置されているため、吹出口 183A から第 1 液浸領域 LA1 に対して液体 LQ が噴出されることにより、第 1 液浸領域 LA1 の液体 LQ 中に噴流が生成される。噴流により第 1 液浸領域 LA1 の液体 LQ が加振される。そして、生成された液体 LQ の噴流がスリット板 75 の上面 75A に当たることにより、このスリット板 75 の上面 75A のうち第 1 液浸領域 LA1 に対応する領域（すなわち液体接触面）に付着していた気泡が除去される。上面 75A より除去された気泡は、液体 LQ とともに液体回収機構 20 の回収ノズル 23 より回収される。こうして、スリット板 75 の上面 75A に付着していた気泡及び第 1 液浸領域 LA1 の液体中の気泡（第 1 液浸領域 LA1 の液体中に浮遊している気泡を含む）が、回収ノズル 23 より回収されて除去される。

#### 【0065】

ここで、ノズル部 183 から噴出される液体 LQ に対して、予め脱気処理を施しておくことが好ましい。また、液体供給機構 10 の供給ノズル 13 から供給される液体 LQ にも予め脱気処理を施しておくことが好ましい。脱気処理としては、液体 LQ の加熱処理や減圧処理が含まれる。

10

20

30

40

50

## 【0066】

本実施形態では、噴流生成装置180のノズル部183は、スリット板75の上面75Aのうち、スリット部71に向けて噴流を当てるように設けられている。噴流生成装置180はスリット部71に対して噴流を当てることによりスリット部71に付着した気泡を確実に除去できる。したがって、スリット部71を通過する光は散乱等することなく受光器90に良好に受光される。また、このスリット部71のまわりには遮光膜72が設けられており、スリット部71と遮光膜72との間で段差が形成された構成となっている。この段差部には気泡が付着しやすいが、噴流生成装置180はこの段差部に対して噴流を当てることで、段差部に付着した気泡を確実に除去することができる。

## 【0067】

スリット板75の上面75Aに付着している気泡の除去動作を行った後、制御装置CONTは、空間像計測動作を行う。空間像の計測時において、マスクステージMSTには、後述する計測マークを備えたマスクMが支持されている。制御装置CONTは、照明光学系ILによりマスクMを露光光ELで照明する。前記計測マーク、投影光学系PL、及び第1液浸領域LA1の液体LQを介した光（露光光EL）は、スリット板75に照射される。そのスリット板75のスリット部71を通過した光は、第2液浸領域LA2の液体LQを介して光学素子76に入射する。

## 【0068】

投影光学系PLとスリット板75との間の第1液浸領域LA1の液体LQによって投影光学系の開口数NAが向上するため、投影光学系PLの開口数NAに応じて、受光器90の光学素子76の開口数NAも向上させないと、光学素子76は、投影光学系PLを通過した光を良好に（全て）取り込むことができない可能性があり、光を良好に受光できなくなる。そこで、本実施形態のように、投影光学系PLとスリット板75との間に液体LQを満たすことによって投影光学系PLの開口数NAを向上させた場合には、スリット板75と受光器90の光学素子76との間にも液体LQを満たして受光器90の光学素子76の開口数NAを向上させることで、受光器90の光学素子76は投影光学系PLを介した光を良好に取り込むことができる。

## 【0069】

光学素子76は第2液浸領域LA2を介した光を集光する。光学素子76で集光された光は、ミラー77、光学素子78、及び送光レンズ79を介して基板ステージPSTの外部に導き出される。そして、その基板ステージPSTの外部に導き出された光は、ミラー80によって光路を折り曲げられ、受光レンズ81を介して光センサ82によって受光され、その光センサ82からその受光量に応じた光電変換信号（光量信号）が信号処理装置を介して制御装置CONTに出力される。

## 【0070】

後述するように、本実施形態では、計測マークの投影像（空間像）の計測はスリットスキャン方式により行われるので、その際には送光レンズ79が、受光レンズ81及び光センサ82に対して移動することになる。そこで、空間像計測装置70では、所定の範囲内で移動する送光レンズ79を介した光が全て受光レンズ81に入射するように、各レンズ及びミラー80の大きさが設定されている。

## 【0071】

空間像計測装置70では、光センサ82が基板ステージPSTの外部の所定位置に設けられているため、光センサ82の発熱に起因するレーザ干渉計44の計測精度等に及ぼす影響が可能な範囲で抑制される。また、基板ステージPSTの外部と内部とをライトガイド等により接続していないので、基板ステージPSTの外部と内部とがライトガイドにより接続された場合のように基板ステージPSTの駆動精度が影響を受けることがない。もちろん、熱の影響等を見無視、あるいは排除できるような場合には、光センサ82を基板ステージPSTの内部に設けてもよい。すなわち、受光器90を構成する複数の光学素子や受光素子のうち、その一部が基板ステージPSTに設けられていてもよいし、全部が基板ステージPSTに設けられていてもよい。

10

20

30

40

50

## 【0072】

制御装置CONTは、空間像計測装置70を使って計測した投影光学系PLの結像特性情報に基づいて、所望の結像特性を得るための補正量、具体的には投影光学系PLの光学素子64a、64bの駆動量及び第1、第2密閉室65A、65Bの内部圧力の調整量を求める。ここで、記憶装置MRYには、例えば実験あるいはシミュレーション等によって予め求められている、投影光学系PLの光学素子64a、64bの駆動量及び第1、第2密閉室65A、65Bの内部圧力の調整量と、投影光学系PLの各種結像特性の変化量（変動量）との関係（すなわち結像特性調整情報）が記憶されている。制御装置CONTは、記憶装置MRYに記憶されている上記関係を参照し、投影光学系PLの結像特性を所望状態に補正するための、投影光学系PLの光学素子64a、64bの駆動量及び第1、第2密閉室65A、65Bの内部圧力の調整量を含む補正量を求める。

10

## 【0073】

以下、露光装置EXを用いてデバイス製造用パターンを基板Pに露光する手順について説明する。

空間像計測装置70による投影光学系PL及び液体LQを介した結像特性の計測、及び前記結像特性を補正するための補正量の導出を行った後、制御装置CONTは、投影光学系PLと基板ステージPST上にロードされた基板Pとを対向させるように基板ステージ駆動装置PSTDを介して基板ステージPSTを駆動する。なおこのとき、マスクステージMSTにはデバイス製造用パターンが形成されたマスクMがロードされている。そして、制御装置CONTは、液体供給機構10の液体供給部11を駆動し、供給管12及び供給ノズル13を介して単位時間あたり所定量の液体LQを基板P上に供給する。また、制御装置CONTは、液体供給機構10による液体LQの供給に伴って液体回収機構20の液体回収部（真空系）21を駆動し、回収ノズル23及び回収管22を介して単位時間あたり所定量の液体LQを回収する。これにより、投影光学系PLの先端部の光学素子60と基板Pとの間に液体LQの液浸領域AR2が形成される。

20

## 【0074】

そして、制御装置CONTは、照明光学系ILによりマスクMを露光光ELで照明し、マスクMのパターンの像を投影光学系PL及び液体LQを介して基板Pに投影する。ここで、基板Pに対する露光処理を行う際には、制御装置CONTは、上記求めた補正量に基づいて、投影光学系PLの光学素子64a、64bを駆動したり、第1、第2密閉室65A、65Bの内部圧力を調整し、投影光学系PL及び液体LQを介した結像特性を調整しながら露光処理を行う。

30

## 【0075】

走査露光時には、投影領域AR1にマスクMの一部のパターン像が投影され、投影光学系PLに対して、マスクMが-X方向（又は+X方向）に速度Vで移動するのに同期して、基板ステージPSTを介して基板Pが+X方向（又は-X方向）に速度 $\beta \cdot V$ （ $\beta$ は投影倍率）で移動する。そして、1つのショット領域への露光終了後に、基板Pのステッピングによって次のショット領域が走査開始位置に移動し、以下、ステップ・アンド・スキャン方式で各ショット領域に対する露光処理が順次行われる。本実施形態では、基板Pの移動方向と平行に、基板Pの移動方向と同一方向に液体LQを流すように設定されている。つまり、矢印Xa（図3参照）で示す走査方向（-X方向）に基板Pを移動させて走査露光を行う場合には、供給管12、供給ノズル13A～13C、回収管22、及び回収ノズル23A、23Bを用いて、液体供給機構10及び液体回収機構20による液体LQの供給及び回収が行われる。すなわち、基板Pが-X方向に移動する際には、供給ノズル13（13A～13C）より液体LQが投影光学系PLと基板Pとの間に供給されるとともに、回収ノズル23（23A、23B）より基板P上の液体LQが回収され、投影光学系PLの先端部の光学素子60と基板Pとの間を満たすように-X方向に液体LQが流れる。一方、矢印Xb（図3参照）で示す走査方向（+X方向）に基板Pを移動させて走査露光を行う場合には、供給管15、供給ノズル16A～16C、回収管25、及び回収ノズル26A、26Bを用いて、液体供給機構10及び液体回収機構20による液体LQの供

40

50

(18)

給及び回収が行われる。すなわち、基板Pが+X方向に移動する際には、供給ノズル16(16A~16C)より液体LQが投影光学系PLと基板Pとの間に供給されるとともに、回収ノズル26(26A、26B)より基板P上の液体LQが回収され、投影光学系PLの先端部の光学素子60と基板Pとの間を満たすように+X方向に液体LQが流れる。この場合、例えば供給ノズル13を介して供給される液体LQは基板Pの-X方向への移動に伴って光学素子60と基板Pとの間に引き込まれるようにして流れるので、液体供給機構10(液体供給部11)の供給エネルギーが小さくても液体LQを光学素子60と基板Pとの間に容易に供給できる。そして、走査方向に応じて液体LQを流す方向を切り替えることにより、+X方向、又は-X方向のどちらの方向に基板Pを走査する場合にも、光学素子60と基板Pとの間を液体LQで満たすことができ、高い解像度及び広い焦点深度を得ることができる。

## 【0076】

以上説明したように、スリット板75の上面75Aに付着している気泡を除去する噴流生成装置180を設けたので、スリット板75に投影光学系PL及び液体LQを介して光を照射する場合、気泡の影響を受けずに光の照射状態を良好に維持することができる。したがって、受光器90の受光状態の悪化等といった不都合の発生を防止することができる。そして、液体回収機構20により、スリット板75の上面75Aから除去された気泡や第1液浸領域LA1の液体LQ中に浮遊している気泡を回収することで、第1液浸領域LA1に気泡が存在する不都合の発生を防止することができる。

## 【0077】

なお、本実施形態においては、ノズル部183を含む配管部182は、スリット板75を保持する凸部83とともにZ軸ステージ52上に設けられ、基板ステージPSTが移動しても、スリット板75とノズル部183との相対位置関係が変化しない構成である。こうすることにより、ノズル部183の吹出口183Aから噴出される液体により生成される噴流を、常にスリット部71に当てることができる。一方、ノズル部183を不図示の駆動機構で支持し、スリット板75に対してノズル部183の吹出口183Aを少なくともXY平面方向に移動可能としてもよい。こうすることにより、スリット部71を含むスリット板75の上面75Aのほぼ全域に対して噴流を満遍なく当てることができる。もちろん、ノズル部183をZ軸方向に移動可能に設けてもよい。また、ノズル部183を投影光学系PLとスリット板75との間の空間に対して進退可能に設けておき、気泡除去動作が終了した後、ノズル部183が第1液浸領域LA1より退避するようにしてもよい。

## 【0078】

図8に示すように、噴流生成装置180は、投影光学系PLの先端部の光学素子60の液体接触面60aに対して噴流を当てるようにしてもよい。こうすることにより、光学素子60の液体接触面60aに付着している気泡を除去することができる。この場合、ノズル部183の吹出口183Aは、第1液浸領域LA1内部に配置され、光学素子60に向けられている。また、光学素子60の液体接触面60aに当てられた噴流はその液体接触面60aで反射し、第1液浸領域LA1内部において下向きの流れ(噴流)を生成する。下向きの液体LQの流れは、スリット板75の上面75A(スリット部71)に当たるため、スリット板75(スリット部71)に付着している気泡も同時に除去することができる。

## 【0079】

なお、スリット板75に当てた噴流により上向きの流れ(噴流)を生成し、その上向きの流れを投影光学系PLの光学素子60の液体接触面60aに当てて、液体接触面60aに付着している気泡を除去するように設定してもよい。

## 【0080】

また、ノズル部183を $\theta$ Y方向に駆動する不図示の駆動機構を設け、気泡除去動作時において、図8の矢印ryで示すように、ノズル部183を回動するようにしてもよい。こうすることにより、ノズル部183の吹出口183Aから噴出された液体により生成さ

れた噴流を、光学素子 60 の液体接触面 60 a 及びスリット板 75 の上面 75 A の双方に直接当てることができ、液体接触面 60 a 及び上面 75 A のそれぞれに付着してる気泡を確実に除去することができる。

【0081】

図 9 に示すように、噴流生成装置 180 のノズル部 183 を、投影光学系 P L の像面側端部に設けるようにしてもよい。本実施形態において、ノズル部 183 は、投影光学系 P L の像面側の光学素子 60 を保持するレンズセル 62 に取り付けられており、スリット板 75 のスリット部 71 に対して噴流を当てる。また、気泡除去動作中に、基板ステージ P S T (X Y ステージ 53) を X Y 平面方向に移動しながら、スリット板 75 に対してノズル部 183 より噴流を当てるようにしてもよい。

10

【0082】

また、噴流生成装置 180 のノズル部 183 を投影光学系 P L の像面側端部に設けたことにより、基板 P を液浸露光する際に、投影光学系 P L と基板 P とを対向させて液浸領域 A R 2 を形成した後、露光動作を開始する前に、ノズル部 183 より基板 P に対して噴流を当てることができる。これにより、基板 P 表面に付着している気泡を除去することができる。そして、基板 P 表面に付着している気泡を除去した後、液浸露光動作を開始することにより、気泡に起因して基板 P 上に形成されるパターン像の劣化等といった不都合の発生を防止することができる。このように、ノズル部 183 は、スリット板 75 に付着している気泡を除去可能であるとともに、基板 P に付着している気泡も除去することができる。

20

【0083】

図 10 は、気泡除去装置の別の実施形態を示す図である。図 10 において、スリット板 75 の近傍には、第 1 液浸領域 L A 1 の液体 L Q に超音波を印加する超音波生成装置 190 が設けられている。超音波生成装置 190 は、第 1 液浸領域 L A 1 内部に配置され超音波を生成する超音波発生部 192 と、超音波発生部 192 を支持する支持部 191 とを備えている。支持部 191 は Z チルトステージ 52 上に支持されている。超音波発生部 192 で生成された超音波は、第 1 液浸領域 L A 1 の液体 L Q を介してスリット板 75 の上面 75 A に当たる。このとき第 1 液浸領域 L A 1 の液体 L Q は超音波により加振される。本実施形態では、超音波発生部 192 で生成された超音波は、スリット板 75 の上面 75 A のうち、スリット部 71 を含む領域に当たるようになっている。超音波発生部 192 で生成された超音波は、第 1 液浸領域 L A 1 の液体 L Q を加振することでスリット板 75 を加振し、スリット板 75 の上面 75 A に付着している気泡を除去する。

30

【0084】

図 11 に示すように、超音波生成装置 190 は、生成した超音波を液体 L Q を介して投影光学系 P L の先端部の光学素子 60 の液体接触面 60 a に対して当てるようにしてもよい。こうすることにより、光学素子 60 の液体接触面 60 a に付着している気泡を除去することができる。この場合においても、超音波発生部 192 は、第 1 液浸領域 L A 1 内部に配置されている。また、光学素子 60 の液体接触面 60 a に当てられた超音波は液体接触面 60 a で反射し、その反射波は、スリット板 75 の上面 75 A (スリット部 71) に当たるようになっている。そのため、光学素子 60 及びスリット板 75 (スリット部 71) のそれぞれに付着している気泡を同時に除去することができる。

40

【0085】

なお、スリット板 75 に当てた超音波の反射波が光学素子 60 の液体接触面 60 a に当たるように設定してもよい。

【0086】

また、超音波発生部 192 を移動可能な駆動機構を設け、スリット板 75 や光学素子 60 に対して移動しながら超音波を印加するようにしてもよいし、超音波発生部 192 を  $\theta$  Y 方向に駆動する駆動機構を設け、光学素子 60 の液体接触面 60 a とスリット板 75 の上面 75 A とのそれぞれに (例えば交互に) 超音波を印加することも可能である。

【0087】

50

図 12 に示すように、超音波を生成する超音波発生部 192 をスリット板 75 上に取り付けてもよい。この場合超音波発生部 192 は、スリット板 75 の上面 75 A のうちスリット部 71 以外の領域且つ第 1 液浸領域 LA1 の内側領域に設けられる。そして、スリット板 75 上に設けられた超音波発生部 192 は、投影光学系 PL の先端部の光学素子 60 の液体接触面 60 a に液体 LQ を介して超音波を当てる。光学素子 60 の液体接触面 60 a に当てられた超音波の反射波は、スリット板 75 (スリット部 71) に当たるようになっており、光学素子 60 及びスリット板 75 のそれぞれに付着している気泡を除去するようになっている。

【0088】

なお、超音波生成装置 190 の超音波発生部 192 を投影光学系 PL の像面側端部の例えばレンズセル 62 に取り付けることも可能である。また、投影光学系 PL の像面側端部に取り付けられた超音波発生部 192 は、基板 P を液浸露光する際に基板 P に付着している気泡を除去することが可能である。つまり、上述同様、基板 P を液浸露光するために投影光学系 PL と基板 P とを対向させた後、投影光学系 PL と基板 P との間に液体 LQ を満たして液浸領域 AR2 を形成し、液浸露光動作前に、超音波発生部 192 より液浸領域 AR2 の液体 LQ を介して基板 P に超音波を当てることにより、基板 P に付着している気泡を除去することができる。そして、基板 P に付着している気泡を除去した後、液浸露光動作を行うことにより、気泡の存在に起因して基板 P に形成されるパターン像が劣化する等といった不都合の発生を防止することができる。

【0089】

また、図 9 を参照して説明した噴流生成装置を構成するノズル部 183 をスリット板 75 に取り付けることも可能である。更には、上述した噴流生成装置 180 と超音波生成装置 190 とを適宜組み合わせることで気泡除去動作を行うことももちろん可能である。

【0090】

スリット板 75 に付着している気泡を、スリット板 75 を加振することで除去することも可能である。例えば図 13 に示すように、スリット板 75 の裏面 (下面) に、このスリット板 75 を加振可能な加振装置 250 を設け、気泡除去動作の際に加振装置 250 でスリット板 75 を加振するようにしてもよい。加振装置 250 としては、圧電素子 (ピエゾ素子) を使用することが可能である。加振装置 250 はスリット板 75 に 1 つ設ける構成であってもよいし、スリット部 71 以外のスリット板 75 の裏面の複数の所定位置のそれぞれに設けることも可能である。スリット板 75 を加振することで、付着している気泡の除去が促進される。スリット板 75 から除去された気泡は第 1 液浸領域 LA1 の液体 LQ 中を浮遊し、液体回収機構 20 により回収される。

【0091】

また、鏡筒 PK とレンズセル 62 とを連結する連結機構 61 にピエゾ素子やボイスコイルモータ等のアクチュエータを内蔵し、そのアクチュエータを駆動してレンズセル 62 及びそのレンズセル 62 に保持されている光学素子 60 を加振するようにしてもよい。こうすることにより、光学素子 60 の液体接触面 60 a に付着している気泡を除去することができる。なお、連結機構 61 にアクチュエータを設けることにより、基板 P を液浸露光中において、例えば基板ステージ PST の移動に伴って発生する振動が液浸領域 AR2 の液体 LQ を介して投影光学系 PL の光学素子 60 に伝わったとしても、前記アクチュエータによってその振動をアクティブ除振することも可能である。したがって、投影光学系 PL が振動することにより基板 P に形成されるパターンの像が劣化するという不都合の発生を防止することができる。

【0092】

また、基板ホルダ 51 等に加振装置を設け、投影光学系 PL と基板 P との間に液体 LQ の液浸領域 AR2 を形成した後、液浸露光動作を開始する前に、前記加振装置で基板ホルダ 51 を加振することで基板 P を加振し、基板 P 表面に付着している気泡を除去するようによい。

【0093】

10

20

30

40

50



また、上述した加振装置による加振動作と、超音波印加動作と、噴流生成動作とを適宜組み合わせて気泡除去を行うことはもちろん可能である。

【0094】

ところで、スリット板75の上面75Aを親液性にし、その上面75Aに気泡が付着し難いようにしてもよい。こうすることにより、仮に液体LQ中に気泡が存在していても上面75Aには気泡が付着し難いため、気泡の付着に起因する例えば受光器90の受光状態の悪化等といった不都合の発生を防止することができる。また、スリット板75の上面75Aに気泡が付着し難いので、仮に気泡が付着した場合でも気泡除去処理を円滑に行うことができる。

【0095】

スリット板75の上面75Aを親液性にする親液化処理として、紫外光照射処理が挙げられる。親液化処理としては、図14に示すように、紫外光照射装置300によって行うことが可能である。紫外光照射装置300は、スリット板75上に第1液浸領域LA1を形成する前に（空間像計測装置70による空間像計測動作前に）、スリット板75に対して紫外光を照射し、このスリット板75の上面75Aを親液性にする。紫外光照射処理を行う際には、制御装置CONTは、基板ステージPSTを駆動して、紫外光照射装置300とスリット板75とを対向させた後、紫外光照射装置300より紫外光を射出する。

【0096】

また、スリット板75の上面75Aを紫外光照射処理によって親液性にした場合、その親液性が経時的に劣化する可能性がある。そこで、制御装置CONTは、紫外光照射装置300を使って、スリット板75に対する紫外光照射処理を定期的に行うようにするとよい。紫外光照射処理を行うタイミングとしては、例えば、空間像計測動作前毎、所定時間間隔毎、及び所定数基板処理毎に行うことが可能である。

【0097】

本実施形態では、紫外光照射装置300は、投影光学系PLに並ぶ位置に配置されており、スリット板75に対して定期的に紫外光照射処理を行うことができる構成となっているが、露光装置EXの製造時においてスリット板75を親液化処理した後、そのスリット板75を露光装置EX（基板ステージPST上の凸部83）に取り付けるようにしてもよい。また、スリット板75の上面の形成材料によっては、例えば処理ガスとして酸素を含む所定のガスを用いたO<sub>2</sub>プラズマ処理によっても、スリット板75に親液性を付与することができる。一方、スリット板75には経時的に例えば有機物系の汚染物質が付着する可能性があるため、スリット板75に対して定期的に紫外光照射処理を行うことにより、そのような汚染物質を除去（光洗浄）することができる。

【0098】

また、露光用光源1が、紫外光を射出する光源である場合、スリット板75に対する紫外光照射処理として、専用の紫外光照射装置300を用いる代わりに、その露光用光源1を使ってスリット板75に紫外光を照射するようにしてもよい。露光用光源1を使ってスリット板75に紫外光を照射する際には、制御装置CONTは、基板ステージPSTを駆動し、投影光学系PLとスリット板75とを対向させた状態で露光用光源1を駆動する。このとき、投影光学系PLとスリット板75との間には液体LQは満たされていない。露光用光源1から射出された紫外光は、照明光学系IL及び投影光学系PLを介して、スリット板75に照射される。

【0099】

なおここでは、スリット板75に対して紫外光を照射する例について説明したが、もちろん、投影光学系PLの先端部の光学素子60の液体接触面60aに対して紫外光を照射するようにしてもよい。こうすることにより、光学素子60の液体接触面60aを親液性にすることができ、その液体接触面60aに気泡が付着する不都合を回避できる。光学素子60の液体接触面60aに紫外光を照射する場合には、例えば基板ステージPST（Zチャルトステージ52）の上面の所定位置に、紫外光を射出する射出部を設け、その射出部から射出された紫外光を光学素子60の下方から照射するようにしてもよい。また、光学

10

20

30

40

50

素子 60 に紫外光を照射する紫外光射出部の設置位置としては、基板ステージ P S T ( Z チルトステージ 52 ) 上面に限られず、例えば紫外光射出部を不図示の駆動機構により光学素子 60 に対して進退可能に設け、所定のタイミングで紫外光射出部が光学素子 60 の下方にアクセスし、その光学素子 60 の液体接触面 60 a に紫外光を照射するようにしてもよい。あるいは、露光装置 E X の製造時に、光学素子 60 に対して親液化処理を施した後、この光学素子 60 を取り付けるようにしてもよい。

#### 【 0100 】

なお、スリット板 75 の上面 75 A を親液化処理する方法としては、紫外光照射処理の他に、親液性を有する親液性材料をコーティングするコーティング処理が挙げられる。あるいは、スリット板 75 自体を親液性を有する材料により形成するようにしてもよい。親液性 ( 親水性 ) を有する親液性材料としては、例えばアルコールなど極性の大きい分子構造の物質等が挙げられる。ここで、親液化処理のための親液性材料としては、液体 L Q に対して非溶解性の材料が用いられる。また、親液化処理は、使用する液体 L の材料特性に応じてその処理条件を適宜変更される。

#### 【 0101 】

紫外光照射処理や親液性材料コーティング処理によりスリット板 75 の上面 75 A を親液化処理する場合、上面 75 A 全域を親液化処理せずに、親液化領域と撥液化領域とでパターンニングするようにしてもよい。パターンニングする場合、図 15 に示す模式図のように、スリット板 75 の上面 75 A のうち、スリット部 71 を含む領域を親液化領域 A S とし、その周囲を囲む領域を撥液化領域 A H とすることが望ましい。こうすることにより、スリット部 71 を含む領域 A S には気泡が付着し難くなるため、スリット部 71 に気泡が付着する不都合の発生を回避することができる。そして、スリット板 75 の上面 75 A の一部の領域に局所的に形成される第 1 液浸領域 L A 1 に対して親液化領域 A S をほぼ同じ大きさに設けておき、その周囲を囲む領域 A H を撥液性にすることで、第 1 液浸領域 L A 1 の液体 L Q は撥液化領域 A H にはじかれてスリット板 75 の外側に流出し難くなるため、液体 L Q の流出、飛散等に伴う周辺部材への影響を抑制することができる。

#### 【 0102 】

ところで、図 1 に示した、投影光学系 P L の物体面側に配置されている、マスク M と基板 P との位置関係を決定するマスクアライメント系 47 を使って、投影光学系 P L とスリット板 75 との間に満たされた第 1 液浸領域 L A 1 の液体 L Q 中に存在する気泡を検出することができる。マスクアライメント系 47 は、投影光学系 P L を介して、スリット板 75 の上面 75 A 及び投影光学系 P L の光学素子 60 の液体接触面 60 a のうちの少なくともいずれか一方に付着した気泡を検出する。

#### 【 0103 】

図 16 は、マスクアライメント系 47 がスリット板 75 の上面 75 A に付着している気泡を検出している状態を示す模式図である。気泡検出動作の際には、投影光学系 P L の先端部の光学素子 60 とスリット板 75 との間に液体 L Q が満たされる。スリット板 75 に付着している気泡を検出する際には、制御装置 C O N T は、基板ステージ P S T を駆動して、投影光学系 P L の液体 L Q を介した像面位置と、スリット板 75 の上面 75 A の位置 ( Z 位置 ) とを略一致させる。このときの投影光学系 P L の光学素子 60 の液体接触面 60 a とスリット板 75 の上面 75 A との距離を H とする。この状態において、マスクアライメント系 47 は、検出光を、落射ミラー 47 A、投影光学系 P L、及び液体 L Q を介してスリット板 75 に照射する。スリット板 75 に照射された検出光の反射光は、液体 L Q 及び投影光学系 P L を介してマスクアライメント系 47 に入射する。スリット板 75 の上面 75 A は、投影光学系 P L の像面と合致されているので、マスクアライメント系 47 は、スリット板 75 からの反射光を画像処理し、スリット板 75 に気泡が付着しているかどうかを検出することができる。

#### 【 0104 】

また、基板ステージ P S T ( スリット板 75 ) の位置情報をレーザ干渉計 44 で計測しつつ、基板ステージ P S T ( スリット板 75 ) を X Y 方向に移動しながら気泡を検出する

ことにより、スリット板 75 に付着している気泡の位置情報を検出することができる。

【0105】

図 17 は、マスクアライメント系 47 が投影光学系 PL の光学素子 60 の液体接触面 60a に付着している気泡を検出している状態を示す模式図である。気泡検出動作の際には、投影光学系 PL の先端部の光学素子 60 とスリット板 75 との間に液体 LQ が満たされる。光学素子 60 に付着している気泡を検出する際には、制御装置 CONT は、基板ステージ PST を駆動して、投影光学系 PL の光学素子 60 とスリット板 75 のうち反射膜 73 とを対向させ、投影光学系 PL の光学素子 60 の液体接触面 60a とスリット板 75 の上面 75A との距離を  $H/2$  に設定する。こうすることにより、図 17 においてマスクアライメント系 47 から射出された検出光の、投影光学系 PL を通過して反射膜 73 で反射し、光学素子 60 の液体接触面 60a に達するまでの光路長と、図 16 に示した状態でのマスクアライメント系 47 から射出された検出光の、投影光学系 PL を通過してスリット板 75 の上面 75A に達するまでの光路長とが一致することになる。すなわち、図 17 に示した状態では、光学素子 60 の液体接触面 60a が、投影光学系 PL 及び液体 LQ を介して形成される像面位置と合致した状態となっている。この状態において、マスクアライメント系 47 は、検出光を、落射ミラー 47A、投影光学系 PL、液体 LQ、及びスリット板 75 の反射膜 73 を介して光学素子 60 の液体接触面 60a に照射する。液体接触面 60a に照射された検出光の反射光は、液体 LQ、反射膜 73、及び投影光学系 PL を介してマスクアライメント系 47 に入射する。光学素子 60 の液体接触面 60a は、投影光学系 PL の像面と合致されているので、マスクアライメント系 47 は、光学素子 60 の液体接触面 60a からの反射光を画像処理し、光学素子 60 に気泡が付着しているかどうかを検出することができる。

【0106】

マスクアライメント系 47 の検出結果は制御装置 CONT に出力される。制御装置 CONT は、マスクアライメント系 47 の検出結果に基づいて、噴流生成装置 180 や超音波生成装置 190、あるいは加振装置 250 等の気泡除去装置を制御する。すなわち、マスクアライメント系 47 によって気泡が検出された場合には、上記気泡除去装置を使って気泡除去動作を行い、一方、気泡が検出されない場合には、気泡除去動作を行わない。こうすることにより、気泡が付着していないにもかかわらず気泡除去動作を実行してしまうことがなくなり、無駄な処理の実行を省くことができる。

【0107】

また、上記説明した気泡検出方法によれば、気泡が付着している位置情報も検出することができるため、その気泡が付着している位置に対して集中的に噴流あるいは超音波を当てることができ、気泡の除去を効率良く行うことができる。

【0108】

更に、上記説明した気泡検出方法によれば、付着している気泡の量（数）を検出することも可能であるため、例えば付着している気泡の量が多い場合には、比較的長時間気泡除去動作を実行し、一方、付着している気泡の量が少ない場合には、比較的短時間気泡除去動作を実行するといったように、気泡検出結果に基づいて、気泡除去動作実行時間を設定するようにしてもよい。

【0109】

なお、気泡検出動作は、気泡除去動作の後に実行することももちろん可能である。気泡除去動作の後に気泡検出動作を行うことにより、気泡除去動作で気泡が除去されたかどうかを確認することができる。そして、気泡が除去しきれずに付着している場合には、再び気泡除去動作を行えばよい。

【0110】

以下、空間像計測装置 70 を用いた空間像計測動作の一例について説明する。上述したように、図 5 は空間像を計測している状態を示す図である。空間像計測時において、マスク M としては、空間像計測専用のものあるいはデバイスの製造に用いられるデバイス製造用マスクに専用の計測マークを形成したものなどが用いられる。また、これらマスクの代

10

20

30

40

50

わりに、マスクステージMSTにマスクと同材質のガラス材料からなる固定のマーク板（フィデューシャルマーク板）を設け、このマーク板に計測マークを形成したものをを用いてもよい。

#### 【0111】

マスクMには、所定の位置にX軸方向に周期性を有するライン部の幅とスペース部の幅との比（デューティー比）が1：1のラインアンドスペース（L／S）マークからなる計測用マークPMxと、Y軸方向に周期性を有するデューティー比が1：1のL／Sマークからなる計測マークPMyとが相互に近接して形成されている。これら計測マークPMx、PMyは同一線幅のラインパターンからなる。また、空間像計測装置70を構成するスリット板75には、図18（a）に示すように、Y軸方向に延びる所定幅2Dのスリット部71xと、X軸方向に延びる所定幅2Dのスリット部71yとが、図18（a）に示されるような所定の位置関係で形成されている。このように、スリット板75には、実際には複数のスリット部71x、71y等が形成されているが、図1～図17等にはこれらスリット部を代表してスリット部71として図示されている。

10

#### 【0112】

例えば、計測マークPMxの空間像の計測にあたり、制御装置CONTにより、図1に示される可動マスクブラインド7Bが不図示のブラインド駆動装置を介して駆動され、露光光ELの照明領域が計測マークPMx部分を含む所定領域に制限される。この状態で、制御装置CONTにより光源1の発光が開始され、露光光ELが計測マークPMxに照射されると、計測マークPMxによって回折、散乱した光（露光光EL）は、投影光学系PLにより屈折され、投影光学系PLの像面に計測マークPMxの空間像（投影像）が形成される。このとき、基板ステージPSTは、図18（a）に示すように、スリット板75上のスリット部71xの＋X側（又は－X側）に計測マークPMxの空間像PMx'が形成される位置に設けられているものとする。

20

#### 【0113】

そして、制御装置CONTの指示のもと、基板ステージ駆動装置PSTDにより、基板ステージPSTが図18（a）中に矢印Fxで示されるように＋X方向に駆動されると、スリット部71xが空間像PMx'に対してX軸方向に走査される。この走査中に、スリット部71xを通過する光（露光光EL）が基板ステージPST（Zチルトステージ52）内の受光光学系、基板ステージPST外部のミラー80及び受光レンズ81を介して光センサ82で受光され、その光電変換信号が信号処理装置に供給される。信号処理装置では、その光電変換信号に所定の処理を施して、空間像PMx'に対応する光強度信号を制御装置CONTに供給する。なおこの際、信号処理装置では、光源1からの露光光ELの発光強度のばらつきによる影響を抑えるために、図1に示されるインテグレータセンサ33の信号により光センサ82からの信号を規格化した信号を制御装置CONTに供給するようになっている。図18（b）には、上記の空間像計測の際に得られる光電変換信号（光強度信号）の一例が示されている。

30

#### 【0114】

計測マークPMyの空間像を計測する場合には、基板ステージPSTを、スリット板75上のスリット部71yの＋Y側（又は－Y側）に計測マークPMyの空間像が形成される位置に設けて、上記と同様のスリットスキャン方式による計測を行うことにより、計測マークPMyの空間像に対応する光電変換信号（光強度信号）を得ることができる。

40

#### 【0115】

結像特性調整情報などを得るための計測に際しては、まず初期調整の際に、投影光学系PLの光学素子64a、64bを1つずつ駆動しながら、また第1、第2密閉室65A、65Bの圧力を1つずつ変更しながら、投影光学系PLのフォーカス、及びその他の所定の結像特性（例えば像面湾曲、倍率、ディストーション、コマ収差、球面収差などの諸収差のうちのいずれか）を、後述するようにして空間像計測装置70を用いて測定し、光学素子64a、64b、及び第1、第2密閉室65A、65Bにおける結像特性変化量を求める。

50

## 【0116】

以下、投影光学系 P L のベストフォーカス位置（像面位置）の検出方法について説明する。この場合、前提条件として照明系開口絞り板 4 の通常絞りが選択され、照明条件として通常照明条件が設定されているものとする。ベストフォーカス位置の検出には、例えば、線幅  $1\ \mu\text{m}$ 、デューティ比 50% の L / S パターンからなる計測マーク P M x（又は P M y）を形成されたマスク M が用いられる。まず、不図示のロード装置によりマスク M がマスクステージ M S T にロードされる。次に、制御装置 C O N T は、マスク M 上の計測マーク P M x が投影光学系 P L の光軸上にほぼ一致するように、マスクステージ駆動装置 M S T D を介してマスクステージ M S T を移動する。次に、制御装置 C O N T は、露光光 E L が計測マーク P M x 部分のみに照射されるように可動マスクブラインド 7 B を駆動制御して照明領域を規定する。この状態で、制御装置 C O N T は、マスク M に露光光 E L を照射して、前述と同様にして、基板ステージ P S T を X 軸方向に走査しながら、空間像計測装置 70 を用いて計測マーク P M x の空間像計測をスリットスキャン方式により行う。この際、制御装置 C O N T は、基板ステージ駆動装置 P S T D を介してスリット板 75 の Z 軸方向の位置（すなわち、Z チルトステージ 52 の位置）を所定のステップピッチで変化させつつ、計測マーク P M x の空間像計測を複数回繰り返し、各回の光強度信号（光電変換信号）を記憶装置 M R Y に記憶する。なお、上記のスリット板 75 の Z 軸方向の位置の変化は、Z チルトステージ 52 のエンコーダ 58 A、58 B、58 C の計測値に基づき、アクチュエータ 59 A、59 B、59 C を制御することにより行われる。そして、制御装置 C O N T は、前記繰り返しにより得られた複数の光強度信号（光電変換信号）をそれぞれフーリエ変換し、それぞれの 1 次周波数成分と 0 次周波数成分との振幅比であるコントラストを求める。そして、制御装置 C O N T は、そのコントラストが最大となる光強度信号に対応する Z チルトステージ 52 の Z 位置（すなわち、スリット板 75 の Z 軸方向の位置）を検出し、この位置を投影光学系 P L のベストフォーカス位置として決定する。コントラストはフォーカス位置（デフォーカス量）に応じて敏感に変化するので、投影光学系 P L のベストフォーカス位置を精度良く且つ容易に計測（決定）することができる。制御装置 C O N T は、求めたベストフォーカス位置に基づいて、フォーカス検出系 45 の検出原点（検出基準点）の再設定（校正）であるフォーカスキャリブレーションを行う。これにより、以後、フォーカス検出系 45 によって基板ステージ P S T 上の所定面（例えば、基板 P 表面あるいはスリット板 75 表面）をマスク M の基準面と光学的に共役な位置に位置決めすることができる。

## 【0117】

なお、2 次以上の高次の実数の周波数成分の振幅は一般に小さく、電氣的なノイズ、光学的なノイズに対する振幅が十分に取れない場合もあるが、S / N 比（シグナル／ノイズ比）の点で問題がない場合には高次の周波数成分の振幅比の変化を観測してもベストフォーカス位置を求めることができる。なお、上述したコントラストを用いる方法に限らず、光強度信号の微分値が最大となる Z 位置（フォーカス位置）を検出する手法によってもベストフォーカス位置の検出が可能である。

## 【0118】

また、ここでは投影光学系 P L のベストフォーカス位置の計測をする際に、スリット部 71（スリット板 75）を X Y 平面内の所定方向にスキャンさせる方法（スリットスキャン方式）について説明したが、孤立線マークなどの計測マークの空間像を投影光学系 P L の像面上に形成し、この空間像に対してスリット部 71（スリット板 75）を光軸 A X 方向（Z 軸方向）に相対走査されるように、スリット板 75（Z チルトステージ 52）をベストフォーカス位置を中心とする所定ストローク範囲で Z 軸方向に沿って走査（スキャン）してもよい。そして、そのときの光強度信号（ピーク値）に基づいてベストフォーカス位置を求める。この場合、像面上において計測マークの空間像が、スリット部 71（71 x 又は 71 y）の形状とほぼ一致するような寸法、形状となる計測マークを用いることが好ましい。このような空間像計測を行えば、図 19 に示すような光強度信号を得ることができる。この場合、この光強度信号の信号波形のピークの位置を直接見つけることにより

、その点のZ位置をベストフォーカス位置 $Z_0$ としてもよく、あるいは光強度信号を所定のスライスレベルラインSLでスライスし、光強度信号とスライスレベルラインSLとの2つの交点の midpoint のZ位置をベストフォーカス位置 $Z_0$ としてもよい。いずれにしても、この方法では、スリット板75をZ軸方向に一回走査するだけでベストフォーカス位置を検出可能であるため、スループットを向上できる。

#### 【0119】

次に、結像特性の計測動作の一例として、投影光学系PLの像面形状（像面湾曲）の検出方法について説明する。この像面湾曲の検出に際しては、一例として図20に示すような、パターン領域PA内に前記計測マーク $PM_x$ と同一寸法同一周期の計測マーク $PM_1 \sim PM_n$ を形成されたマスクM1が用いられる。マスクM1がマスクステージMSTにロードされた後、制御装置CONTは、マスクM1の中央にある計測マーク $PM_k$ が投影光学系PLの光軸上にほぼ一致するように、マスクステージ駆動装置MSTDを介してマスクステージMSTを移動する。すなわち、マスクM1の基準点への位置決めが行われる。この基準点への位置決めが行われた場合には、計測マーク $PM_1 \sim PM_n$ の全ては投影光学系PLの視野内に位置しているものとする。次に、制御装置CONTは、露光光ELが計測マーク $PM_1$ 部分のみに照射されるように可動マスクブラインド7Bを駆動制御して照明領域を規定する。この状態で、制御装置CONTは、露光光ELをマスクM1に照射して、前述と同様にしてスリットスキャン方式により空間像計測装置70を用いて計測マーク $PM_1$ の空間像計測及び投影光学系PLのベストフォーカス位置の検出を行い、その結果を記憶装置MRYに記憶する。計測マーク $PM_1$ を用いたベストフォーカス位置の検出が終了すると、制御装置CONTは、露光光ELが計測マーク $PM_2$ 部分のみに照射されるように可動マスクブラインド7Bを駆動制御して照明領域を規定する。この状態で、上記と同様にスリットスキャン方式で計測マーク $PM_2$ の空間像計測及び投影光学系PLのベストフォーカス位置の検出を行い、その結果を記憶装置MRYに記憶する。以後、制御装置CONTは、上記と同様に、照明領域を変更しつつ計測マーク $PM_3 \sim PM_n$ について空間像計測及び投影光学系PLのベストフォーカス位置の検出を繰り返し行う。そして、制御装置CONTは、これらにより得られた各ベストフォーカス位置 $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$ に基づいて所定の統計的処理を行うことにより、投影光学系PLの像面湾曲を算出する。

#### 【0120】

また、投影光学系PLの球面収差を検出する際には、図21に示すマスクM2が用いられる。図21に示すマスクM2のパターン領域PA内のY軸方向のほぼ中央に、X軸方向に所定距離隔てて2つの計測マーク $PM_1, PM_2$ が形成されている。計測マーク $PM_1$ は、前述した計測マーク $PM_x$ と同一寸法同一周期のL/Sパターンである。また、計測マーク $PM_2$ は、計測マーク $PM_x$ と同一寸法のラインパターンが異なる周期（例えば、計測マーク $PM_1$ の周期（マークピッチ）の1.5～2倍程度）でX軸方向に並んだL/Sパターンである。マスクM2をマスクステージMSTにロードした後、制御装置CONTは、マスクM2上の計測マーク $PM_1$ が投影光学系PLの光軸上にほぼ一致するように、マスクステージ駆動装置MSTDを介してマスクステージMSTを移動する。次に、制御装置CONTは、露光光ELが計測マーク $PM_1$ 部分のみに照射されるように、可動マスクブラインド7Bを駆動制御して照明領域を規定する。この状態で、制御装置CONTは、露光光ELをマスクM2に照射して、前述と同様にして、スリットスキャン方式により空間像計測装置70を用いて計測マーク $PM_1$ の空間像計測及び投影光学系PLのベストフォーカス位置の検出を行い、その結果を記憶装置MRYに記憶する。計測マーク $PM_1$ を用いたベストフォーカス位置の検出が終了すると、制御装置CONTは、露光光ELが計測マーク $PM_2$ に照射されるように、マスクステージ駆動装置MSTDを介してマスクステージMSTを-X方向に所定距離移動する。この状態で、上記と同様に、スリットスキャン方式で計測マーク $PM_2$ の空間像計測及び投影光学系PLのベストフォーカス位置の検出を行い、その結果を記憶装置MRYに記憶する。これらより得られた各ベストフォーカス位置 $Z_1$ と $Z_2$ との差に基づいて、制御装置CONTは、投影光学系PLの球面

10

20

30

40

50

収差を演算により算出する。

【0121】

また、投影光学系 PL の倍率及びディストーションを検出する際には、図 22 に示すマスク M3 が用いられる。図 22 に示すマスク M3 のパターン領域 PA の中心部及び 4 隅の部分に、合計 5 つの例えば  $120\mu\text{m}$  角（投影倍率  $1/4$  倍でスリット板 75 上で  $30\mu\text{m}$  角）の正方形マークからなる計測マーク  $\text{BM}_1 \sim \text{BM}_5$  が形成されている。マスク M3 をマスクステージ MST にロードした後、制御装置 CONT は、マスク M3 上の中央に存在する計測マーク  $\text{BM}_1$  の中心が、投影光学系 PL の光軸上にほぼ一致するように、マスクステージ駆動装置 MSTD を介してマスクステージ MST を移動する。すなわち、マスク M3 の基準点への位置決めを行う。この基準点への位置決めが行われた状態では、計測マーク  $\text{BM}_1 \sim \text{BM}_5$  の全ては、投影光学系 PL の視野内に位置しているものとする。次に、制御装置 CONT は、露光光 EL が計測マーク  $\text{BM}_1$  を含む計測マーク  $\text{BM}_1$  より一回り大きい矩形領域部分のみに照射されるように可動マスクブラインド 7B を駆動制御して照明領域を規定する。この状態で、制御装置 CONT は、露光光 EL をマスク M3 に照射する。これにより、計測マーク  $\text{BM}_1$  の空間像、すなわちほぼ  $30\mu\text{m}$  角の正方形のマーク像が形成される。この状態で、制御装置 CONT は、基板ステージ駆動装置 PSTD を介して基板ステージ PST を X 軸方向に走査しながら空間像計測装置 70 を用いて計測マーク  $\text{BM}_1$  の空間像計測を行い、その計測により得られた光強度信号を記憶装置 MRY に記憶する。次に、制御装置 CONT は、得られた光強度信号に基づき、例えば公知の位相検出の手法あるいはエッジ検出の手法により、計測マーク  $\text{BM}_1$  の結像位置を求める。ここで、位相検出の手法としては、例えば、光強度信号をフーリエ変換して得られる 1 次周波数成分（これは、正弦波とみなせる）とこれと同一周波数の基準となる正弦波との積の例えば 1 周期分の和を求めるとともに、前記 1 次周波数成分とこれと同一周期の基準となる余弦波との積の例えば 1 周期分の和を求め、そして、得られた和どうしを除算して得られた商の逆正弦（アークタンジェント）を求めることにより、1 次周波数成分の基準信号に対する位相差を求め、この位相差に基づいて計測マーク  $\text{BM}_1$  の X 位置  $x_1$  を求めるという一般的な方法を用いることができる。また、エッジ検出の手法としては、光強度信号と所定のスライスレベルとの交点に基づいて各光電変換信号に対応する空間像のエッジの位置をそれぞれ算出する、スライス法を用いたエッジ検出の手法を用いることができる。次に、制御装置 CONT は、基板ステージ PST を Y 軸方向に走査しながら空間像計測装置 70 を用いて計測マーク  $\text{BM}_1$  の空間像計測を行い、その計測により得られた光強度信号を記憶装置 MRY に記憶する。そして、上記と同様の位相検出等の手法により、計測マーク  $\text{BM}_1$  の Y 位置  $y_1$  を求める。そして、制御装置 CONT は、得られた計測マーク  $\text{BM}_1$  の座標位置  $(x_1, y_1)$  に基づいて、マスク M3 の光軸中心に対する位置ずれを補正する。上記のマスク M3 の位置ずれの補正が終了すると、制御装置 CONT は、露光光 EL が計測マーク  $\text{BM}_2$  を含む計測マーク  $\text{BM}_2$  より一回り大きい矩形領域部分のみに照射されるように可動マスクブラインド 7B を駆動制御して照明領域を規定する。この状態で、上記と同様に、スリットスキャン方式で計測マーク  $\text{BM}_2$  の空間像計測及び X Y 位置の計測を行い、その結果を記憶装置 MRY に記憶する。以後、制御装置 CONT は、照明領域を変更しつつ、計測マーク  $\text{BM}_3 \sim \text{BM}_5$  について空間像の計測及び X Y 位置の計測を繰り返し行う。これにより得られた計測マーク  $\text{BM}_2 \sim \text{BM}_5$  の座標値  $(x_2, y_2)$ 、 $(x_3, y_3)$ 、 $(x_4, y_4)$ 、 $(x_5, y_5)$  に基づいて、所定の演算を行うことにより、制御装置 CONT は投影光学系 PL の倍率及びディストーションの少なくとも一方を算出する。

【0122】

以上、一例として投影光学系 PL のベストフォーカス位置、像面湾曲、球面収差、倍率、及びディストーションを空間像計測装置 70 を用いて計測する手順について説明した。なお、所定の計測マークを使って、空間像計測装置 70 は、例えばコマ収差等の他の結像特性に関しても計測可能である。なお、空間像計測の詳細は、例えば特開 2002-14005 号公報に開示されている。そして、これら空間像計測装置 70 を使った空間像計測

10

20

30

40

50

動作を行う前に、本発明に係る気泡除去動作が実行される。また、気泡除去装置による気泡除去動作を実行する前又は後に、気泡検出装置であるマスクアライメント系47を使って、スリット板75や投影光学系PLの光学素子60に気泡が付着しているかどうかを検出することができる。

#### 【0123】

上記各実施形態では、光学部材（スリット板）75及び受光器90を、投影光学系PLの結像特性を計測する空間像計測装置70に適用した例について説明したが、図23に示すように、基板ステージPST上には、空間像計測装置70の他に、投影光学系PLを介した光照射量情報を計測する例えば特開平11-16816号公報に開示されているような照射量センサ（照度センサ）160や、例えば特開昭57-117238号公報に開示されているような照度ムラセンサ170等も設けられている。これら照射量センサ160や照度ムラセンサ170に対しても本発明を適用可能である。

10

#### 【0124】

図24は、照射量センサ160の模式図である。照射量センサ160は、投影光学系PLの像面側に照射される露光光の照射量（照度）を計測するものであって、Zチルトステージ52上に設けられた上板163と、その上板163を通過した光を受光する光センサ164とを備えている。上板163は、ガラス板部材162と、そのガラス板部材162の上面に設けられた光透過量調整膜161とを備えている。光透過量調整膜161は例えばクロム膜によって構成されており、所定の光透過率を有し、ガラス板部材162の上面全域に設けられている。光透過量調整膜161を設けて光センサ164に入射する光量を減光することにより、過剰な光量の光が照射されることに起因する光センサ164に対するダメージや飽和といった不都合を防止している。なお照射量センサ160では、例えばマスクMが交換されたとき等の所定のタイミングで計測動作が行われる。

20

#### 【0125】

そして、照射量センサ160で投影光学系PLを通過した露光光ELの照射量を計測する際には、上述した実施形態同様、投影光学系PLと上板163とを対向した状態で投影光学系PLと上板163との間に液体LQを供給して第1液浸領域LA1を形成するとともに、上板163と光センサ164との間に液体LQを供給して第2液浸領域LA2を形成する。そして、気泡除去装置により上板163上に付着している気泡の除去動作が行われ、気泡除去動作の後、投影光学系PLと第1液浸領域LA1の液体LQとを介して上板163に露光光ELを照射し、照射量計測動作が実行される。

30

#### 【0126】

図25は、照度ムラセンサ170の模式図である。照度ムラセンサ170は、投影光学系PLを介して像面側に照射される露光光の照度（強度）を複数の位置で計測して、投影光学系PLの像面側に照射される露光光の照度ムラ（照度分布）を計測するものであって、Zチルトステージ52上に設けられた上板174と、その上板174に設けられたピンホール部171を通過した光を受光する光センサ175とを備えている。上板174は、ガラス板部材173の表面にクロムなどの遮光性材料を含む薄膜172を設け、その薄膜172をパターンニングしてその中央部にピンホール部171を設けたものである。

40

#### 【0127】

照度ムラセンサ170で照度分布の計測を行う場合、投影光学系PLと照度ムラセンサ170の上板174とを対向させた状態で、その投影光学系PLと上板174との間を液体LQで満たすとともに、上板174と光センサ175との間も液体LQで満たす。そして、気泡除去装置により上板174上に付着している気泡の除去動作が行われる。その後、投影光学系PLと第1液浸領域LA1の液体LQとを介して上板174に露光光ELを照射し、照度ムラ計測動作が実行される。照度ムラ計測動作では、露光光ELが照射される照射領域（投影領域）内の複数の位置で順次ピンホール部171を移動させる。

#### 【0128】

なお、光学部材とは、上記スリット板や上板に限られず、光が通過する光透過部を有し、投影光学系PLとの間で液体LQを保持できるものは全て含まれる。更に本発明は、特

50



開平 11-238680 号公報や特開 2000-97616 号公報に開示されているような、基板ステージ P S T (Z ステージ 51) に対して脱着可能なセンサにも適用できる。

【0129】

上述したように、本実施形態における液体 L Q は純水により構成されている。純水は、半導体製造工場等で容易に大量に入手できるとともに、基板 P 上のフォトレジストや光学素子（レンズ）等に対する悪影響がない利点がある。また、純水は環境に対する悪影響がないとともに、不純物の含有量が極めて低いため、基板 P の表面、及び投影光学系 P L の先端面に設けられている光学素子の表面を洗浄する作用も期待できる。

【0130】

そして、波長が 193 nm 程度の露光光 E L に対する純水（水）の屈折率  $n$  はほぼ 1.44 と言われており、露光光 E L の光源として A r F エキシマレーザ光（波長 193 nm）を用いた場合、基板 P 上では  $1/n$ 、すなわち約 1/1.44 倍に短波長化されて高い解像度が得られる。更に、焦点深度は空气中に比べて約  $n$  倍、すなわち約 1.44 倍に拡大されるため、空气中で使用する場合と同程度の焦点深度が確保できればよい場合には、投影光学系 P L の開口数をより増加させることができ、この点でも解像度が向上する。

【0131】

本実施形態では、投影光学系 P L の先端に光学素子 60 が取り付けられているが、投影光学系 P L の先端に取り付ける光学素子としては、投影光学系 P L の光学特性、例えば収差（球面収差、コマ収差等）の調整に用いる光学プレートであってもよい。あるいは露光光 E L を透過可能な平行平板であってもよい。

【0132】

なお、本実施形態の液体 L Q は水であるが、水以外の液体であってもよい、例えば、露光光 E L の光源が F<sub>2</sub> レーザである場合、この F<sub>2</sub> レーザ光は水を透過しないので、この場合、液体 L Q としては F<sub>2</sub> レーザ光を透過可能な例えばフッ素系オイルや過フッ化ポリエーテル（P F P E）等のフッ素系の液体を用いればよい。また、液体 L Q としては、その他にも、露光光 E L に対する透過性があるだけ屈折率が高く、投影光学系 P L や基板 P 表面に塗布されているフォトレジストに対して安定なもの（例えばセダー油）を用いることも可能である。

【0133】

上記各実施形態において、上述したノズルの形状は特に限定されるものでなく、例えば投影領域 A R 1 の長辺について 2 対のノズルで液体 L Q の供給又は回収を行うようにしてもよい。なお、この場合には、+X 方向、又は -X 方向のどちらの方向からも液体 L Q の供給及び回収を行うことができるようにするため、供給ノズルと回収ノズルと上下に並べて配置してもよい。

【0134】

なお、上記各実施形態の基板 P としては、半導体デバイス製造用の半導体ウエハのみならず、ディスプレイデバイス用のガラス基板や、薄膜磁気ヘッド用のセラミックウエハ、あるいは露光装置で用いられるマスクまたはレチクルの原版（合成石英、シリコンウエハ）等が適用される。

【0135】

また、上述の実施形態においては、投影光学系 P L と基板 P との間を局所的に液体で満たす露光装置を採用しているが、特開平 6-124873 号公報に開示されているような露光対象の基板を保持したステージを液槽の中で移動させる液浸露光装置や、特開平 10-303114 号公報に開示されているようなステージ上に所定深さの液体槽を形成し、その中に基板を保持する液浸露光装置にも本発明を適用可能である。

【0136】

露光装置 E X としては、マスク M と基板 P とを同期移動してマスク M のパターンを走査露光するステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置（スキャニングステッパ）の他に、マスク M と基板 P とを静止した状態でマスク M のパターンを一括露光し、基板 P を順次ステップ移動させるステップ・アンド・リピート方式の投影露光装置（ステッパ）に

10

20

30

40

50

も適用することができる。また、本発明は基板 P 上で少なくとも 2 つのパターンを部分的に重ねて転写するステップ・アンド・スティッチ方式の露光装置にも適用できる。

【0137】

また、本発明は、特開平 10-163099 号公報、特開平 10-214783 号公報、特表 2000-505958 号公報等に記載されているように、ウェハ等の被処理基板を別々に載置して X Y 方向に独立に移動可能な 2 つのステージを備えたツインステージ型の露光装置にも適用できる。

【0138】

露光装置 E X の種類としては、基板 P に半導体素子パターンを露光する半導体素子製造用の露光装置に限られず、液晶表示素子製造用又はディスプレイ製造用の露光装置や、薄膜磁気ヘッド、撮像素子 (C C D) あるいはレチクル又はマスク等を製造するための露光装置等にも広く適用できる。

【0139】

基板ステージ P S T やマスクステージ M S T にリニアモータ (USP5,623,853 または USP5,528,118 参照) を用いる場合は、それらのステージを定盤に対して浮上させる方式としてエアベアリングを用いたエア浮上型およびローレンツ力またはリアクタンス力を用いた磁気浮上型のどちらかを用いるのが好ましい。また、各ステージ P S T、M S T は、ガイドに沿って移動するタイプでもよく、ガイドを設けないガイドレスタイプであってもよい。

【0140】

各ステージ P S T、M S T の駆動機構としては、二次元に磁石を配置した磁石ユニットと、二次元にコイルを配置した電機子ユニットとを対向させ電磁力により各ステージ P S T、M S T を駆動する平面モータを用いてもよい。この場合、磁石ユニットと電機子ユニットとのいずれか一方をステージ P S T、M S T に接続し、磁石ユニットと電機子ユニットとの他方をステージ P S T、M S T の移動面側に設ければよい。

【0141】

基板ステージ P S T の移動により発生する反力は、投影光学系 P L に伝わらないように、特開平 8-166475 号公報 (USP5,528,118) に記載されているように、フレーム部材を用いて機械的に床 (大地) に逃がしてもよい。マスクステージ M S T の移動により発生する反力は、投影光学系 P L に伝わらないように、特開平 8-330224 号公報 (US S/N 08/416,558) に記載されているように、フレーム部材を用いて機械的に床 (大地) に逃がしてもよい。

【0142】

本実施形態の露光装置 E X は、本願特許請求の範囲に挙げられた各構成要素を含む各種サブシステムを、所定の機械的精度、電気的精度、光学的精度を保つように、組み立てることで製造される。これら各種精度を確保するために、この組み立ての前後には、各種光学系については光学的精度を達成するための調整、各種機械系については機械的精度を達成するための調整、各種電気系については電気的精度を達成するための調整が行われる。各種サブシステムから露光装置への組み立て工程は、各種サブシステム相互の、機械的接続、電気回路の配線接続、気圧回路の配管接続等が含まれる。この各種サブシステムから露光装置への組み立て工程の前に、各サブシステム個々の組み立て工程があることはいうまでもない。各種サブシステムの露光装置への組み立て工程が終了したら、総合調整が行われ、露光装置全体としての各種精度が確保される。なお、露光装置の製造は、温度およびクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。

【0143】

半導体デバイス等のマイクロデバイスは、図 26 に示すように、マイクロデバイスの機能・性能設計を行うステップ 201、この設計ステップに基づいたマスク (レチクル) を製作するステップ 202、デバイスの基材である基板を製造するステップ 203、前述した実施形態の露光装置 E X によりマスクのパターンを基板に露光する基板処理ステップ 204、デバイス組み立てステップ (ダイシング工程、ボンディング工程、パッケージ工程を含む) 205、検査ステップ 206 等を経て製造される。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0144】

【図1】本発明の露光装置の一実施形態を示す概略構成図である。

【図2】投影光学系の先端部近傍、液体供給機構、及び液体回収機構を示す概略構成図である。

【図3】投影光学系の投影領域と液体供給機構及び液体回収機構との位置関係を示す平面図である。

【図4】受光器の一実施形態を示す概略構成図である。

【図5】受光器が計測動作を行っている状態を示す模式図である。

【図6】本発明に係る気泡除去装置の一実施形態を示す図である。

10

【図7】図6の光学部材の平面図である。

【図8】本発明に係る気泡除去装置の別の実施形態を示す図である。

【図9】本発明に係る気泡除去装置の別の実施形態を示す図である。

【図10】本発明に係る気泡除去装置の別の実施形態を示す図である。

【図11】本発明に係る気泡除去装置の別の実施形態を示す図である。

【図12】本発明に係る気泡除去装置の別の実施形態を示す図である。

【図13】本発明に係る気泡除去装置の別の実施形態を示す図である。

【図14】本発明に係る紫外光照射処理を説明するための図である。

【図15】スリット板が親液化領域と撥液化領域とにパターンニングされている状態を説明するための図である。

20

【図16】気泡検出装置による気泡検出動作を説明するための模式図である。

【図17】気泡検出装置による気泡検出動作を説明するための模式図である。

【図18】光学部材の光透過部の一例を示す図である。

【図19】受光器で受光した受光信号の一例を示す図である。

【図20】投影光学系の結像特性を計測するときに使うマスクの一例を示す図である。

【図21】投影光学系の結像特性を計測するときに使うマスクの一例を示す図である。

【図22】投影光学系の結像特性を計測するときに使うマスクの一例を示す図である。

【図23】基板ステージ上に複数の受光器が配置されている状態を示す平面図である。

【図24】本発明に係る光学部材及び受光器の別の実施形態を示す要部拡大図である。

【図25】本発明に係る光学部材及び受光器の別の実施形態を示す要部拡大図である。

30

【図26】半導体デバイスの製造工程の一例を示すフローチャート図である。

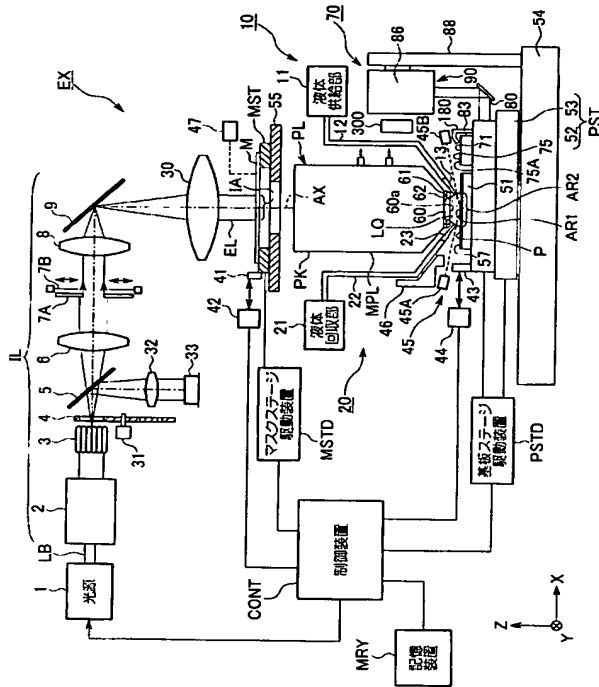
## 【符号の説明】

## 【0145】

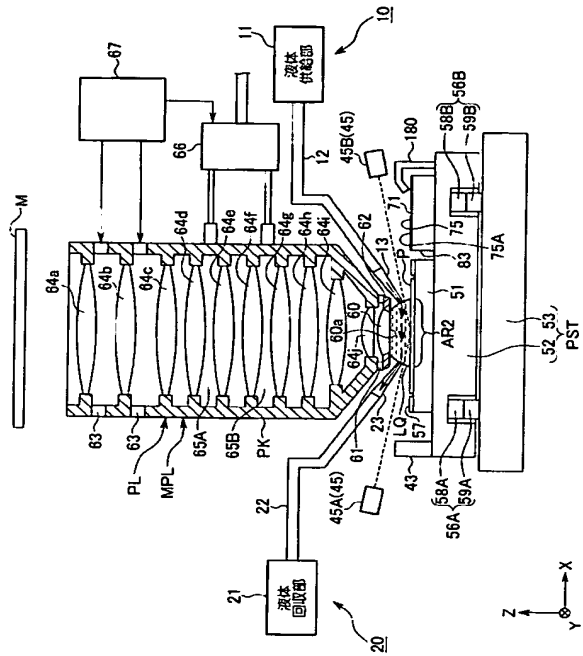
10…液体供給機構、13…供給ノズル、20…液体回収機構、23…回収ノズル、  
 47…マスクアライメント系（気泡検出装置）、60…光学素子、60a…液体接触面、  
 61…連結機構（加振装置）、71…スリット部（光透過部）、  
 75…スリット板（光学部材）、75A…上面（液体接触面）、90…受光器、  
 163…上板（物体）、174…上板（物体）、  
 180…噴流生成装置（気泡除去装置）、183…ノズル部、  
 190…超音波生成装置（気泡除去装置）、250…加振装置（気泡除去装置）、  
 300…紫外光照射装置、AR1…投影領域、AR2…液浸領域、AH…撥液化領域、  
 AS…親液化領域、CONT…制御装置、EL…露光光、EX…露光装置、  
 LA1…第1液浸領域、LA2…第2液浸領域、LQ…液体、MPL…投影光学系本体、  
 P…基板（物体）、PL…投影光学系、PST…基板ステージ（基板保持部材）

40

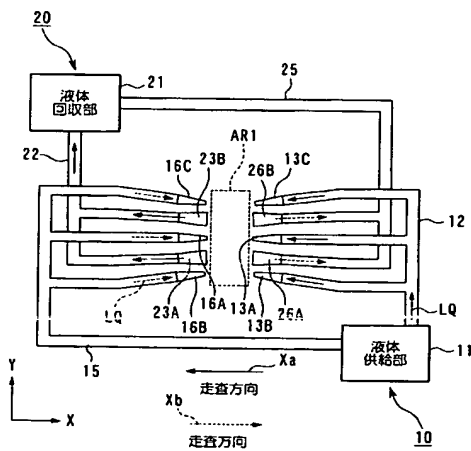
【図 1】



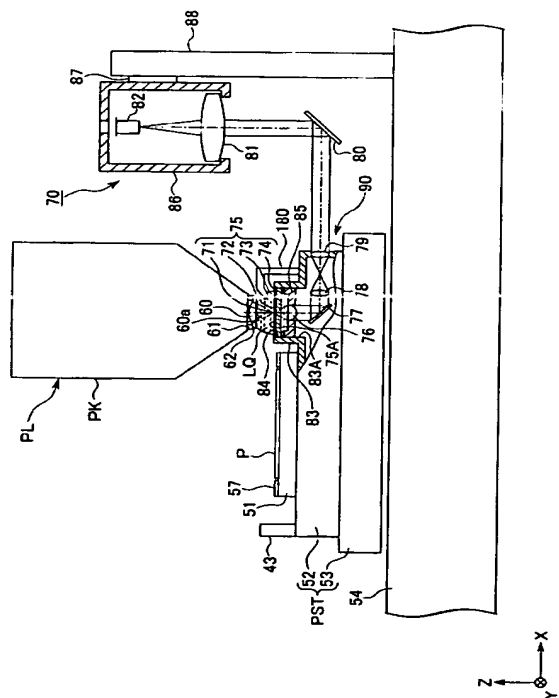
【図 2】



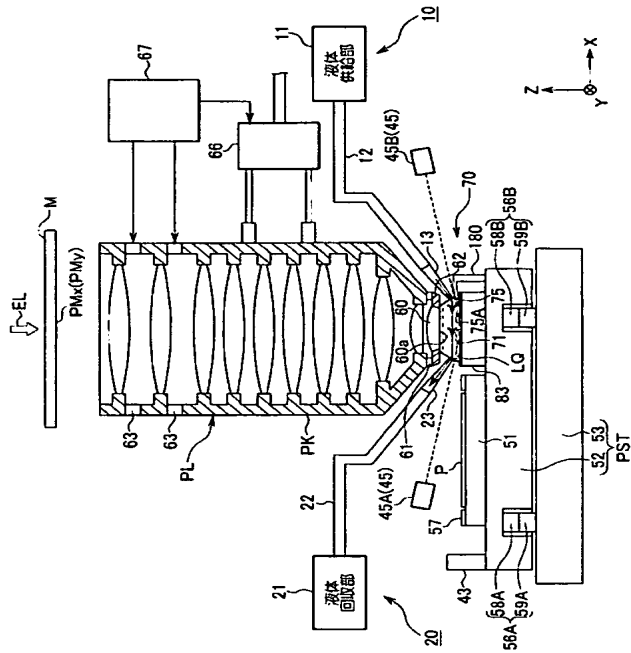
【図 3】



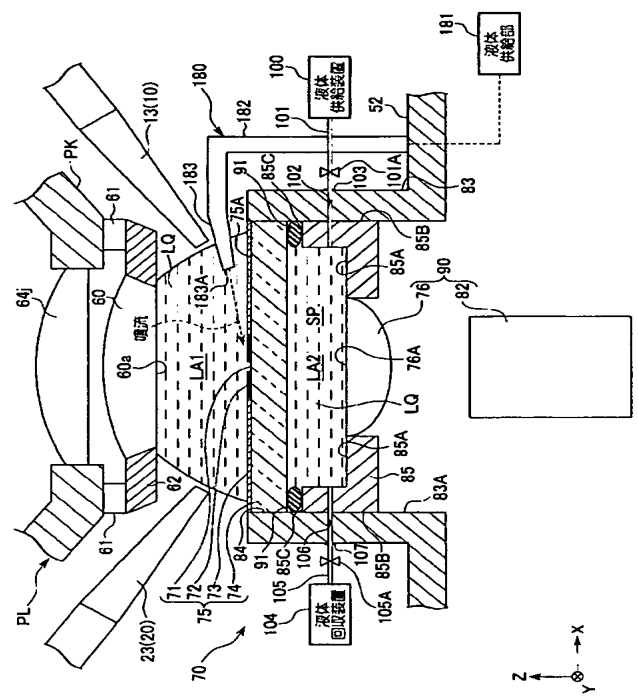
【図 4】



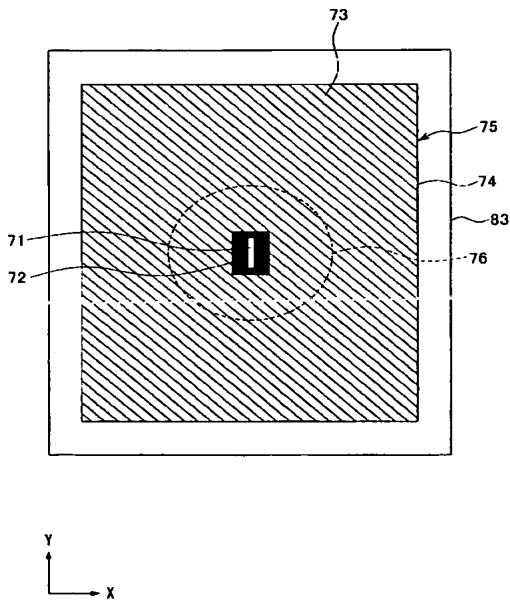
【図 5】



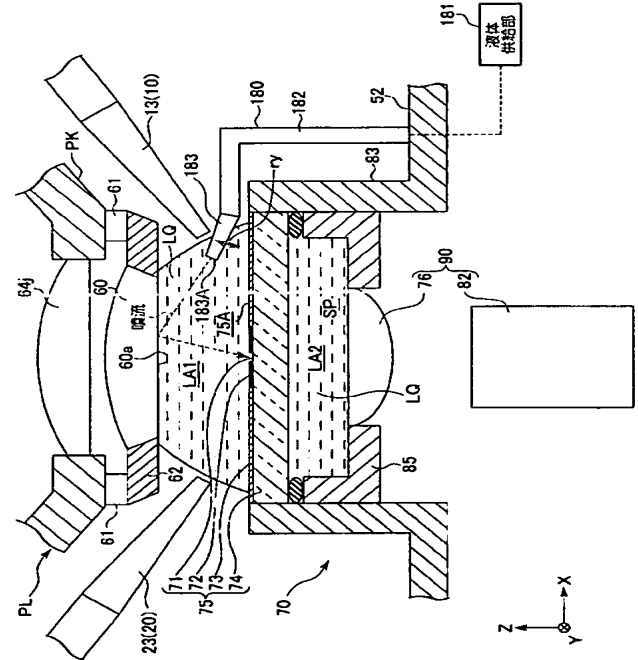
【図 6】



【図 7】

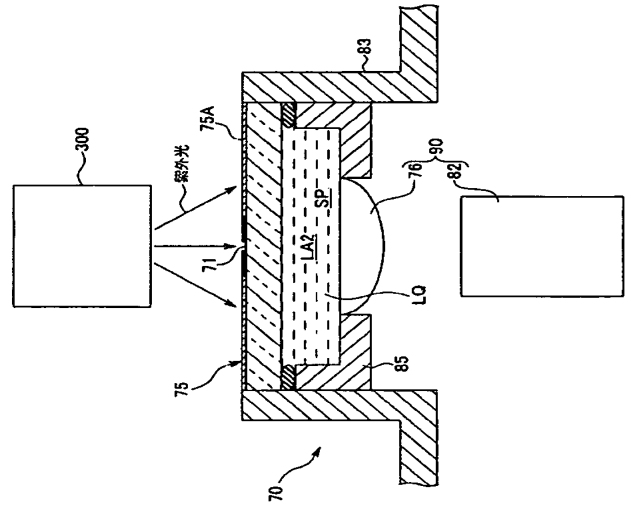


【図 8】

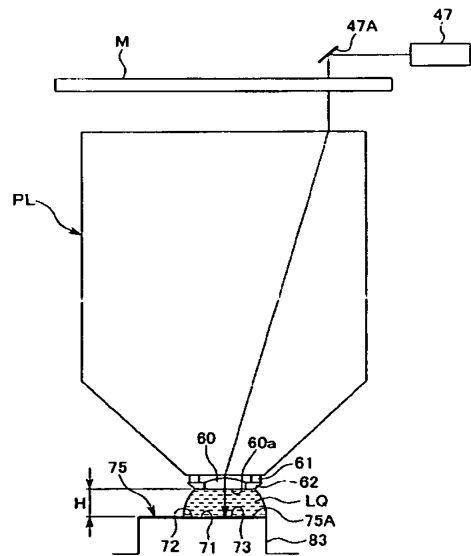




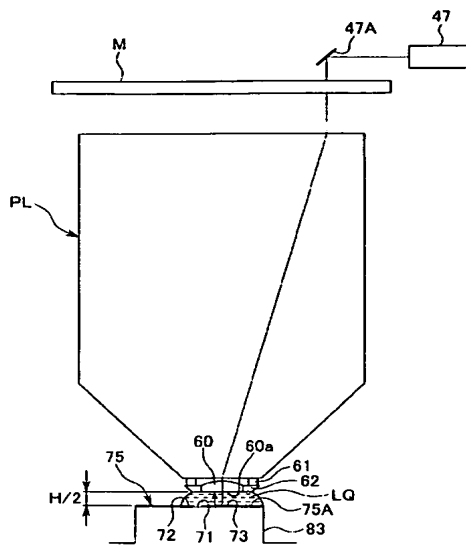
【 ㊦ 1 4 】



【 例 16 】

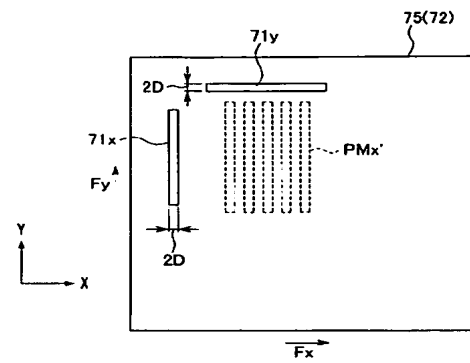


【図 17】



【図 18】

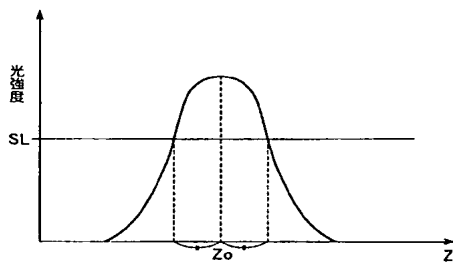
(a)



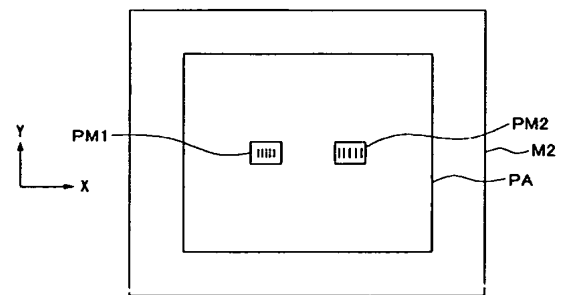
(b)



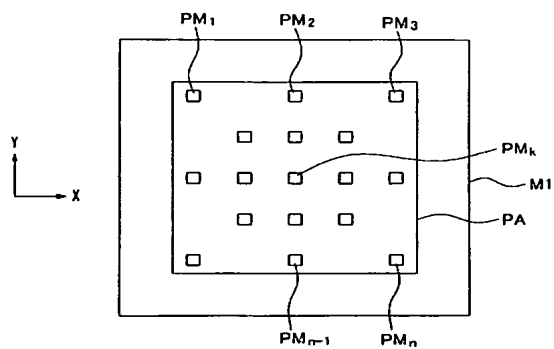
【図 19】



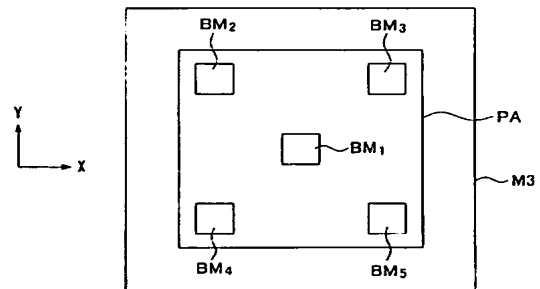
【図 21】



【図 20】

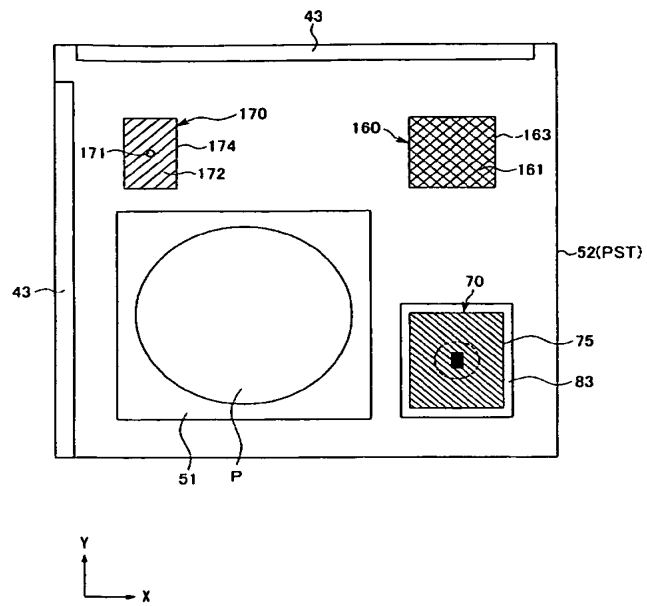


【図 22】

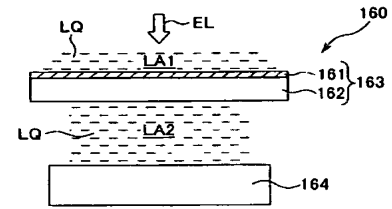




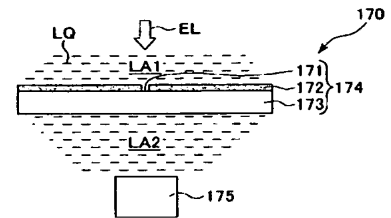
【図 23】



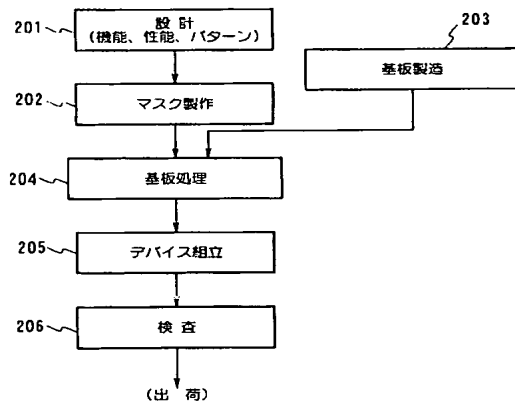
【図 24】



【図 25】



【図 26】



---

フロントページの続き

(72)発明者 中川 正弘

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

Fターム(参考) 2H097 AA03 BA10 CA13 EA01 GB00 LA10

5F046 AA25 BA04 BA05 CB01 CB25 CB27 DA07 DA13 DA14 DB01  
DC10